inra

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES
ET VETERINAIRES DE THEIX

C. N. R. A.
11. JUIL. 1986
UNITE CENTRALE DE DOCUMENTATION
VERSAILLES

BTT-65

BULLETIN TECHNIQUE

N° 64 - JUIN 1986

trimestriel

ISSN 0395-7519

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES

ET VETERINAIRES DE THEIX

BULLETIN TECHNIQUE

N° 64 - JUIN 1986

C.R.Z.V. de Theix - 63122 CEYRAT - Tel. (73) 92.42.63

Sommaire

Utilisation, chez l'agneau, du zinc dans les régimes à base de fourrages pauvres en protéines
M. LAMAND 5

Facteurs de l'environnement et pathologie non-parasitaire de la vache laitière. Données bibliographiques et synthèse des résultats de l'enquête éco-pathologique continue
B. FAYE 9

Utilisation du tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates par le veau sevré précocement
R. GUILHERMET, R. TOULLEC et L. LE HENAFF 21

Pâturage pour vaches laitières. 1. Comparaison des systèmes de pâturage « rationné » et « tournant simplifié » en zone normande
A. HODEN, A. MULLER, M. JOURNET et P. FAVERDIN 25

Conservation et utilisation des spathes de maïs par les ruminants. 1. Mise au point d'une technique de conservation et utilisation par les génisses (laitières et à viande) en croissance, âgées de un an, au cours de la période hivernale
M. CHENOST, J.M. BESLE, J.M. BOISSAU et J. BONY 37

Etude du ressuage de muscles de bovins prélevés à chaud
J.D. DAUDIN et J. CULIOLI 47

Etude de la puberté chez la génisse Salers. Influence de certains paramètres de l'environnement
D. GAUTHIER, F. NEROT, J.P. GAREL et M. PETIT 55

Répercussions de l'apport de matières grasses dans la ration sur la production et la composition du lait de ruminant
P. MORAND-FEHR, Y. CHILLIARD et P. BAS 59

Sommaire des publications 73

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1986 (64) 5-8

Utilisation, chez l'agneau, du zinc dans les régimes à base de fourrages pauvres en protéines

M. LAMAND

INRA-CRZV Theix, Laboratoire des Maladies nutritionnelles
63122 Ceyrat

Des résultats antérieurs ont montré qu'une plante fourragère s'appauvrissait en oligoéléments avec l'âge (PERIGAUD, 1971 ; AMBOULOU et LAMAND, 1977). Une graminée récoltée après floraison est pauvre en zinc, riche en cellulose et en lignine, fibreuse et peu digestible (AMBOULOU, 1977). Cette plante est également pauvre en azote (DEMARQUILLY *et al.*, 1978). Le zinc d'un fourrage a une digestibilité relativement parallèle à celle du fourrage lui-même (LAMAND *et al.*, 1977). En utilisant ces caractéristiques du foin récolté tardivement, nous avons mis au point un régime permettant d'obtenir des carences en zinc (LAMAND *et al.*, 1983). Or, la carence en zinc diminue l'appétit, bloque la croissance et provoque divers troubles de la peau (LAMAND, 1983).

Un tel régime composé de foin très tardif (renfermant 4 p.100 de matières azotées totales), caramel, urée, minéraux et vitamines simule le régime classique : paille, mélasse, urée, mais avec des matières premières pauvres en zinc. Nous avons essayé de remonter le niveau du zinc plasmatique (zincémie) des animaux carencés par différents moyens ou niveaux d'apports de zinc.

1ère expérience (LAMAND *et al.*, 1983)

20 agneaux mâles Limousin × Romanov de 3 mois 1/2 et pesant en moyenne 36 kg ont reçu le régime carencé en zinc. Ce régime à base de foin tardif était arrosé de caramel, enrichi en urée et en minéraux. Le niveau protéique du régime était de 70 g de matières azotées totales / kg MS (MAT / kg MS) et il renfermait 10,8 mg de zinc / kg MS.

Après 43 jours de carence, le caramel a été supprimé pour la moitié des animaux : l'urée et les minéraux étant alors pulvérisé en solution aqueuse sur le fourrage.

Le 69e jour tous les animaux (lot avec ou lot sans caramel) ont reçu une ration enrichie à 50 mg Zn / kg MS. Puis portée à 100 mg Zn / kg MS le 98e jour.

Le 114e jour, tous les animaux ont reçu une injection intramusculaire de 300 mg de zinc (Prolontex Zinc (R)).

Résultats

Dès le 7e jour de carence, la zincémie des animaux est descendue en dessous de la limite de carence qui se situe vers 10 µM Zn / l. La complémentation à 50 ou 100 mg de zinc / kg MS n'a pas modifié les zincémies. La présence ou l'absence de caramel dans le régime n'a pas non plus modifié les zincémies. Avec l'injection de zinc les zincémies sont remontées à la normale en 10 jours (fig. 1).

Conclusions

Le foin très tardif provoque une carence en zinc rapidement. Cette carence n'est pas significativement modifiée par un complément d'énergie (caramel) alors que l'on aurait pu s'attendre à une amélioration de la digestibilité de la ration et éventuellement du zinc. Avec ce régime, les apports recommandés de 50 mg de zinc / kg MS et même 100 mg Zn / kg MS sont insuffisants. L'injection de zinc est, en revanche, rapidement efficace.

2ème expérience (LAMAND, 1985)

20 agneaux mâles Limousin × Romanov de 3 mois 1/2 pesant de 30 à 35 kg ont reçu un régime très similaire à celui de l'expérience précédente : foin tardif 50 p.100, paille d'orge 50 p.100 arrosé de caramel, d'urée et de minéraux. Ce régime avait une teneur de 94 g MAT / kg MS et 8,2 mg Zn / kg MS.

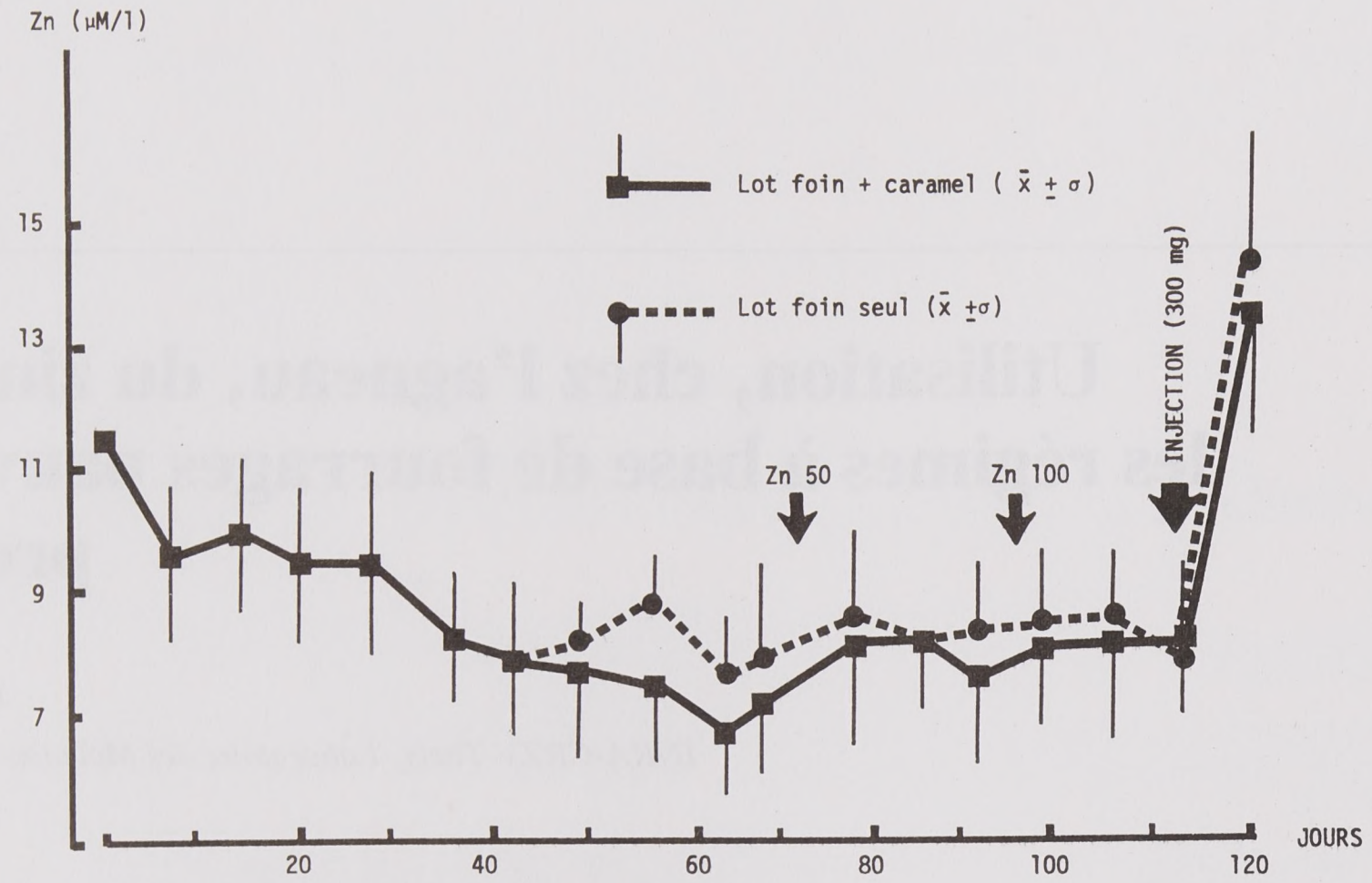

FIG. 1 : *Evolution du zinc plasmatique seul*

Zn 50 ou Zn 100 : régime enrichi à 50 ou 100 mg / kg M.S.
Injection : zinc métal en poudre en suspension huileuse (300 mg) injecté par voie intra-musculaire

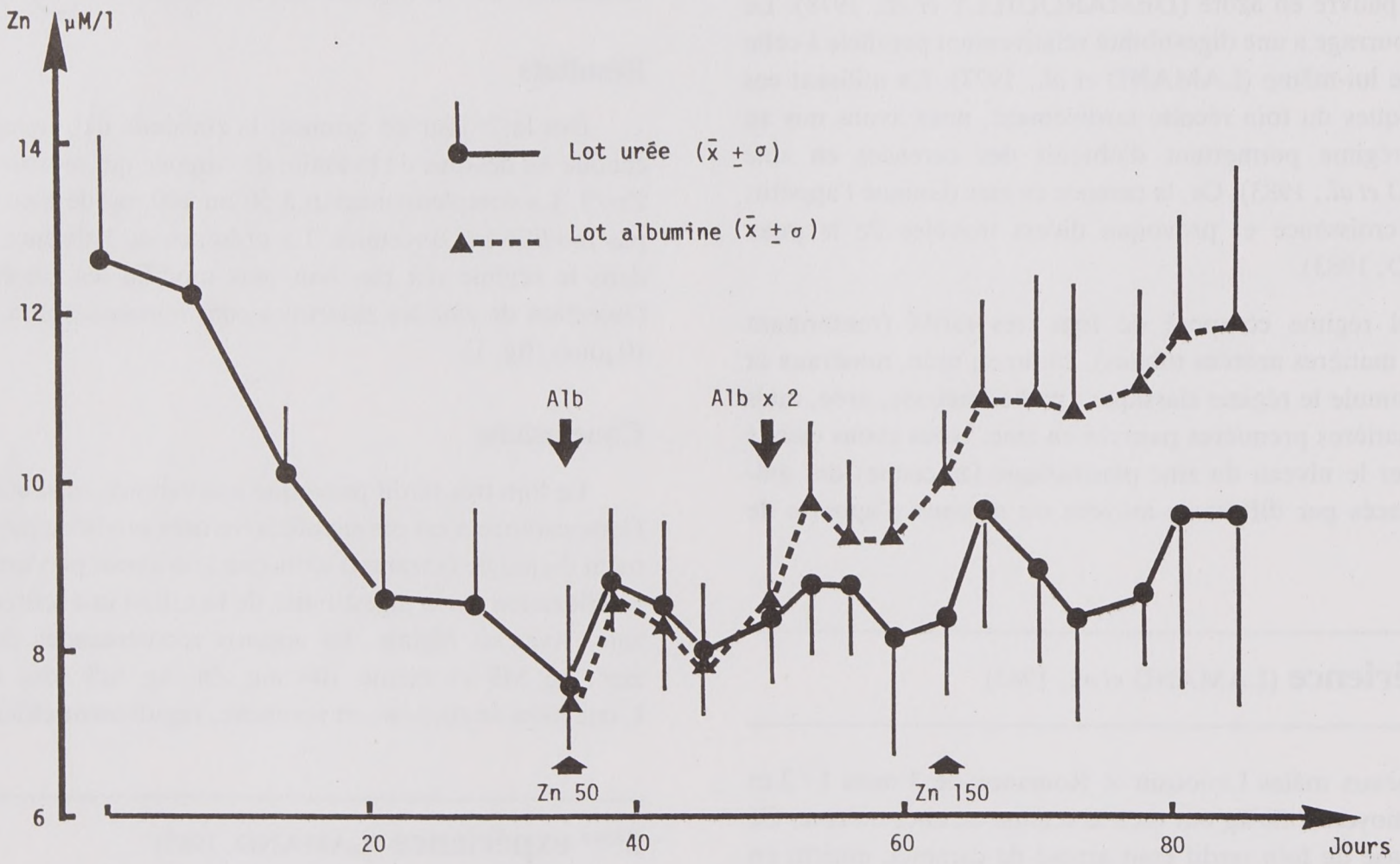

FIG. 2 : *Evolution du zinc plasmatique*

Alb : l'albumine remplace l'urée
Alb × 2 : l'apport d'albumine est augmenté : la teneur en MAT de la ration atteint 148 g / kg M.S.
Zn 50 : le régime est enrichi à 50 mg Zn / kg M.S.
Zn 150 : le régime est enrichi à 150 mg Zn / kg M.S.

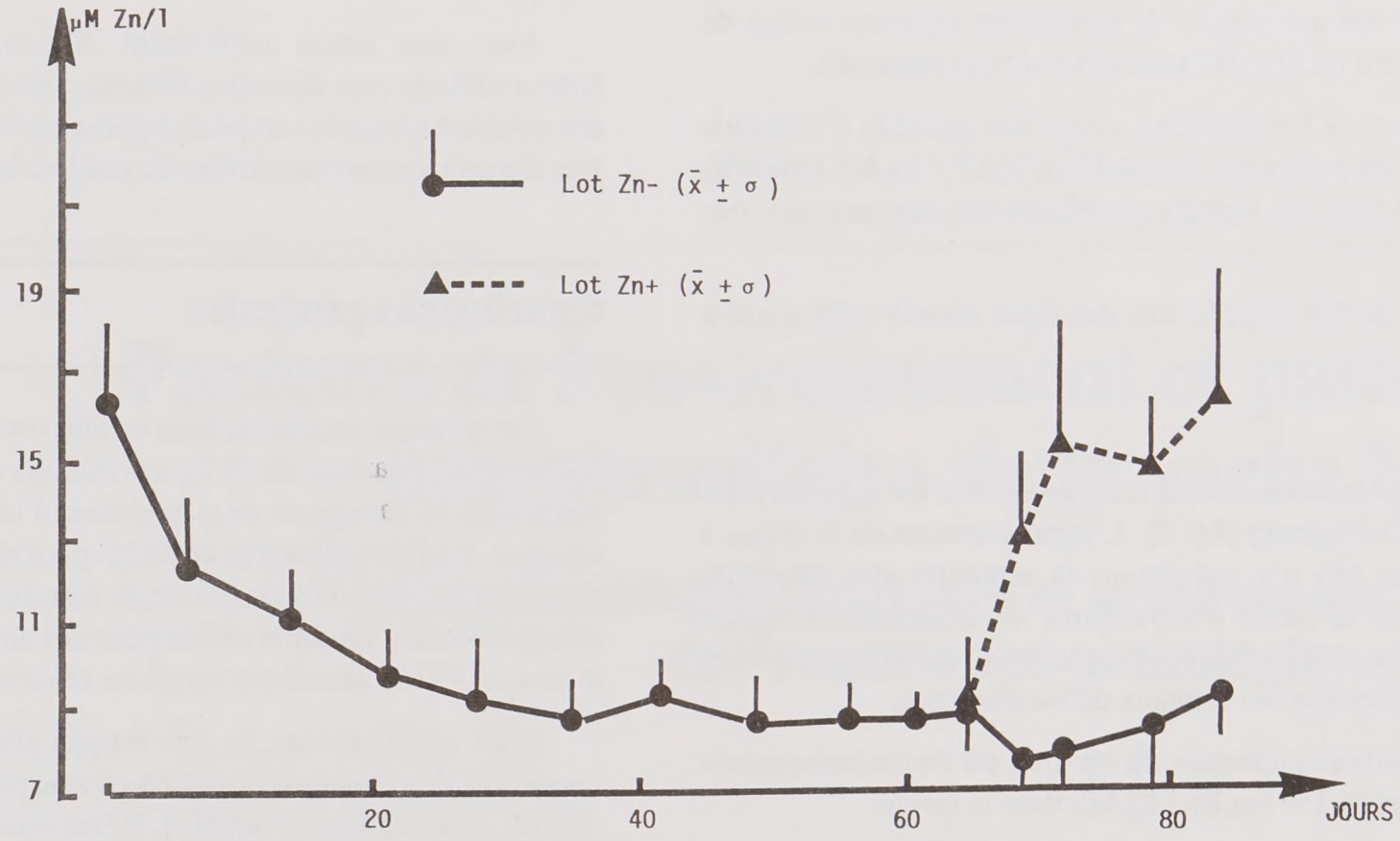

FIG. 3 : *Evolution du zinc plasmatique dans les lots recevant une ration pauvre en MAT (70 g / kg M.S.)*

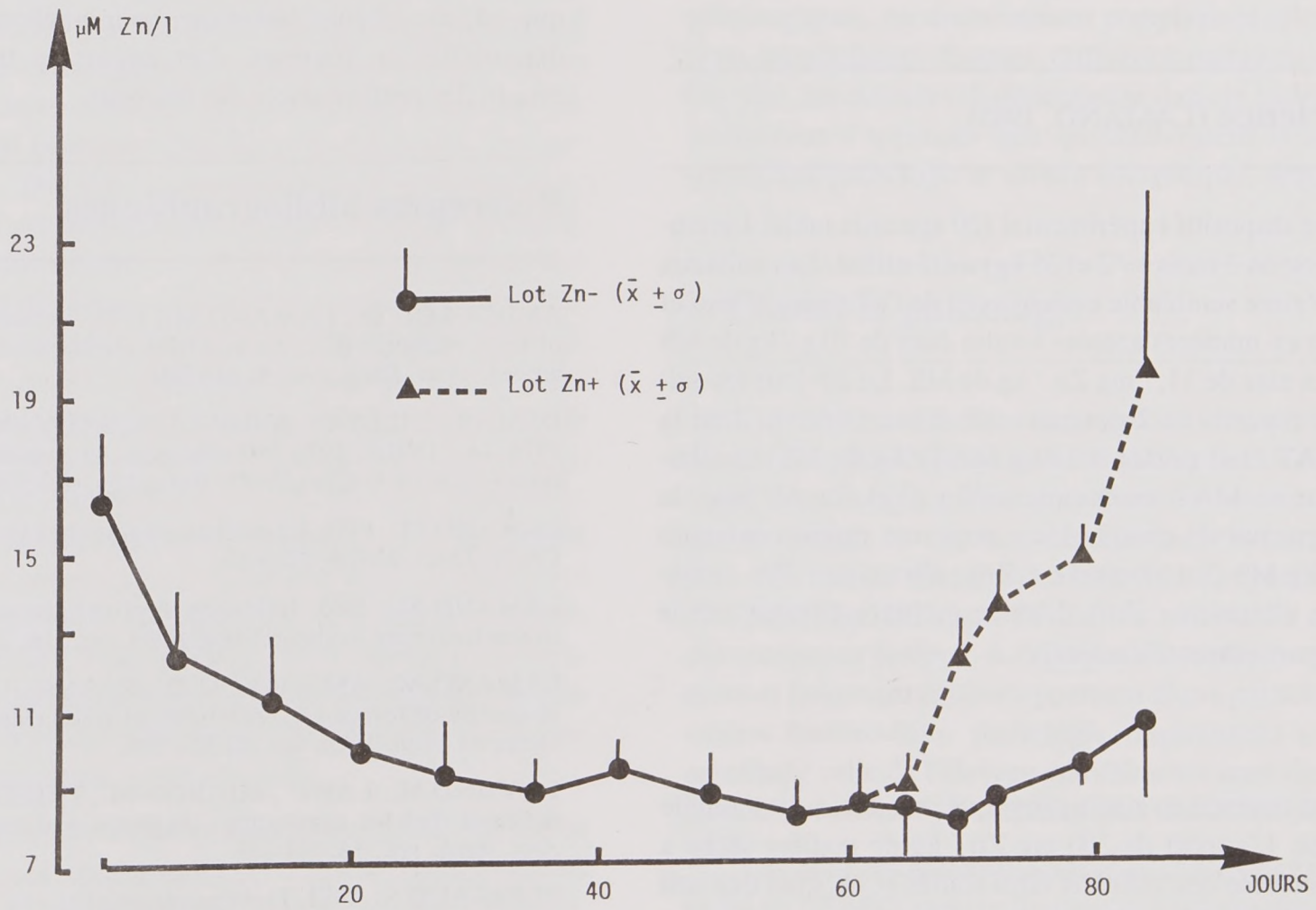

FIG. 4 : *Evolution du zinc plasmatique dans les lots recevant une ration normale en MAT (148 g / kg M.S.)*

Le 35e jour, le niveau de zinc a été remonté à 50 mg Zn / kg MS pour tous les animaux et la moitié des animaux a reçu de l'albumine d'œuf au lieu de l'urée (à un niveau isoazoté).

Le 51e jour, le lot albumine a reçu une quantité d'albumine plus élevée pour porter la ration à 148 g MAT / kg MS (considérée comme proche des besoins protéiques des agneaux en croissance).

A partir du 59e jour, le zinc des deux rations a été porté à 150 mg.

Résultats

Comme précédemment, la carence en zinc est apparue rapidement (en 2 semaines) (fig. 2). L'enrichissement de la ration à 50 mg Zn / kg MS n'a pas permis la remontée des zincémies quelle que soit la forme d'azote (urée ou albumine). L'apport supplémentaire d'albumine pour couvrir les besoins azotés a fait remonter la zincémie des agneaux du lot albumine.

La zincémie des animaux du lot urée est restée basse même avec un apport de 150 mg Zn / kg MS dans la ration.

Conclusion

Un apport azoté permettant de satisfaire les recommandations pour des agneaux en croissance a permis une absorption normale du zinc. Dans ce cas l'apport recommandé de 50 mg Zn / kg MS est suffisant.

Avec la ration hypoazotée, même un apport très élevé de 150mg de Zn / kg MS reste insuffisant pour traiter des animaux carencés.

3ème expérience (LAMAND, 1985)

Un même dispositif expérimental (20 agneaux mâles Limousin × Romanov de 3 mois 1 / 2 et 35 kg) a été utilisé. Les animaux ont reçu un régime semblable enrichi avec de l'albumine d'œuf et dont la teneur en matières azotées totales était de 70 g / kg de MS et la teneur en zinc de 11,7 mg Zn / kg de MS. Le 50e jour les animaux ont été répartis en 2 groupes : albumine $^+$ (ration dont la teneur en MAT était portée à 140 g MAT / kg de MS) et albumine $^-$ (teneur en MAT maintenue à 70 g / kg). Le 65e jour, la moitié des agneaux de chaque lot a reçu une ration contenant 300 mg Zn / kg MS (lot albumine $^+$ Zn^+; albumine $^+$ Zn^- ; albumine $^-$ Zn^+ ; albumine $^-$ Zn^-). L'autre moitié est restée sur le régime de départ (carencé en zinc).

Résultats

Le régime carencé en zinc a provoqué une diminution rapide de la zincémie. L'apport de 300 mg Zn / kg de matière sèche a remonté la zincémie des animaux ainsi traités et ce, quel que soit le niveau protéique (fig. 3 et 4).

Conclusion

Avec une ration renfermant 300 mg de zinc / kg MS, l'absorption du zinc devient suffisante pour remonter la zincémie des animaux carencés : on peut supposer qu'il s'agit d'une absorption intestinale passive provoquée par le très large excès de zinc.

Conclusions générales

Les carences expérimentales en zinc ont bloqué la croissance des agneaux : partant de 35 kg environ, ils sont restés au même poids mais en changeant de stature ce qui les faisait paraître très amaigris. Le foin pailleux et tardif est pauvre en zinc et en protéines. La complémentation en énergie (caramel) et en urée ne permet pas de rééquilibrer la ration pour des animaux en croissance: le niveau d'urée nécessaire serait en effet trop élevé et toxique.

Dans ces conditions, le zinc est peu absorbable et il s'avère impossible de compenser le déficit en zinc par un apport élevé de zinc (de 50 à 150 mg Zn / kg MS). Il faut arriver à une dose réellement massive (300 mg Zn / kg MS, soit 6 fois les recommandations) pour que le zinc soit absorbé. On voit donc qu'il est sans espoir de compenser le déficit d'un mauvais foin par un apport élevé de complément minéral. Un tel apport de minéraux serait refusé par les animaux et deviendrait rapidement toxique s'il était ingéré. Un apport massif de zinc seul dans la ration interfèrerait également avec l'absorption des autres oligoéléments. Il est impératif de rééquilibrer la composition protéique de la ration et de rester à une complémentation minérale normale. L'apport protéique est, par ailleurs, bénéfique pour améliorer l'ingestibilité et la digestibilité du fourrage. Cet apport se trouve rentabilisé au niveau des performances des animaux.

Références bibliographiques

AMBOULOU D., LAMAND M., 1977. Variations in the digestibility of trace elements (Cu, Zn and Mn) during the first cycle of cocksfoot growth. *Ann. Rech. vet.*, **8,** 241-249.

DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., SAUVANT D., DULPHY J.P., 1978. In « INRA, 1978. *Alimentation des ruminants* ». INRA Publications (route de St-Cyr), 78000 Versailles, 469-518.

LAMAND M., 1983. La carence en zinc chez les ruminants. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **52,** 9-13.

LAMAND M., 1985. Influence of protein intake on *per os* zinc deficiency treatment in sheep. *Ann. Rech. vet.*, **16,** 285-287.

LAMAND M., AMBOULOU D., RAYSSIGUIER Y., 1977. Effect of quality of forage on availability of trace elements and some major elements. *Ann. Rech. vet.*, **8,** 303-306.

LAMAND M., LAB C., MIGNON M., TRESSOL J.C., 1983. A zinc deficient diet for ruminants : diagnosis and treatment of deficiency. *Ann. Rech. vet.*, **14,** 211-215.

PERIGAUD S., 1971. Liaisons carentielles entre sols, végétaux et animaux. *Ann. Nutr. Aliment.*, **25,** B379-B410.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1986 (64) 9-20

Facteurs de l'environnement et pathologie non-parasitaire de la vache laitière

Données bibliographiques et synthèse des résultats de l'enquête éco-pathologique continue

B. FAYE

INRA-CRZV Theix, Laboratoire d'Eco-Pathologie
63122 Ceyrat

Dans un article publié dans « Le Monde », BROCHART (1982) écrivait : « Les maladies ne sont plus ce qu'elles étaient... ». De fait, les grandes épizooties et les maladies contagieuses à évolution chronique sont maintenant mieux contrôlées et cèdent la place aux « maladies de la civilisation » qui dans les élevages s'appellent mammite, métrite, non-délivrance, infécondité, boiterie etc... Dès lors, la connaissance de la pathologie et de ses causes subit une modification radicale : à l'étude systématique de l'agent causal s'ajoute, voire se substitue, la mise en évidence des facteurs de risque. L'animal n'est plus considéré uniquement comme un *produit fini* (objet de la fin d'un processus conduisant l'agent causal à provoquer un état de maladie évoluant vers la mort ou la guérison, soit spontanée, soit après traitement approprié), mais comme le *point de convergence* d'un ensemble de facteurs favorisant l'apparition de l'état de maladie. Cette approche plurifactorielle de la pathologie est l'objet même des études du Laboratoire d'Eco-Pathologie. L'expérience acquise après une première Enquête Eco-Pathologique Continue -EEPC- (BARNOUIN, 1980) et l'importante bibliographie accumulée sur le sujet, nous permettent aujourd'hui d'établir une première synthèse concernant plus spécialement les relations complexes entre l'animal et son environnement.

L'environnement est « l'ensemble des conditions naturelles (physiques, chimiques, biologiques) et culturelles (sociologiques) susceptibles d'agir sur les organismes vivants » (Le Petit Robert). L'environnement de la vache laitière est donc aussi bien représenté par le climat, les bâtiments que par les conduites d'élevage, l'alimentation et... l'éleveur. Dans l'étude présente, nous nous limiterons aux aspects climatiques et micro-climatiques, à l'étude de l'influence du mode et du type de stabulation, au rôle de la litière, à quelques aspects des techniques d'élevage et au rôle de l'éleveur. Nous ne prendrons pas en considération l'alimentation des animaux, non que celle-ci ne soit pas importante, mais le rôle de l'alimentation, dans l'apparition et le développement d'entités pathologiques, est éminemment complexe et relève de perturbations métaboliques diverses, difficiles à traiter en quelques pages. De plus, les données d'alimentation dans le cadre de l'EEPC ne permettent d'apprécier que qualitativement la nature des relations entre pathologie et niveau énergétique, azoté ou minéral.

I. Climat et pathologie

Les relations (directes ou indirectes) entre les facteurs climatiques et la pathologie de la vache laitière, ne bénéficient pas (mis à part la pathologie parasitaire) d'une somme considérable d'études de terrain et encore moins de recherches expérimentales, pour des raisons tenant aussi bien à la complexité du problème (WEBSTER, 1981) qu'à l'évolution récente du mode d'élevage des troupeaux laitiers : à l'époque du confinement hivernal permanent favorisant le développement d'une pathologie de la claustration (tuberculose, pathologie respiratoire) s'est peu à peu substituée celle de l'élevage en bâtiments semi-ouverts, donc largement soumis aux aléas climatiques (BARNOUIN, 1985).

Les données météorologiques sont bien représentées dans le cadre de l'EEPC, mais se limitent aux relevés des stations météorologiques les plus proches des élevages observés, sous forme de moyenne décadaire. Il ne nous a donc pas été possible de réaliser des analyses fines, en particulier des brusques variations climatiques. Cependant, à l'échelle départementale quelques études spécifiques ont pu être menées notamment dans le Finistère (BROCHART *et al.*, 1984a) et la Mayenne (BARNOUIN *et al.*, 1986).

L'évolution des fréquences pathologiques observées parait liée à deux types de facteurs climatiques : un facteur « macroscopique » représenté par la saison (*variation saisonnière*) et un facteur « microscopique » lié aux changements climatiques importants (température, humidité, pluviométrie, pression atmosphérique...) à l'intérieur d'une saison donnée (*variation intrasaisonnière)*. L'effet « saison » correspond en réalité à un phénomène complexe comprenant le climat proprement dit, mais aussi les rythmes bio-écologiques (rythme alimentaire saisonnier, périodes de stabulation et d'herbage, phases physiologiques de reproduction et périodes de vêlage...). Il est apprécié par le calcul des fréquences mensuelles des pathologies. L'effet « intrasaisonnier », quant à lui, se rapporte à un phénomène plus « physique » dû à une influence météorologique plus directe.

1. Variation saisonnière

Les résultats de l'EEPC sont largement détaillés sur ce sujet (FAYE et FAYET, 1985 ; FAYE *et al.,* 1986). On peut résumer les observations faites par plusieurs remarques :

* La période de stabulation hivernale est la plus « favorable » à l'augmentation des fréquences pathologiques, en particulier pour les mammites cliniques (BROCHART *et al.,* 1984b ; BARNOUIN *et al.,* 1986) et l'ensemble de la pathologie mammaire non-infectieuse (œdème mammaire, anomalies du pis). Cet effet saisonnier est également bien marqué pour les infections génitales et les troubles digestifs (FAYE et FAYET, 1985). L'effet saisonnier est plus discret pour la pathologie podale. Ces résultats confirmés par la plupart des auteurs (EKESBO, 1966 ; ERB et MARTIN, 1978 ; CARROLL, 1977 ; GROZA, 1985 ; BAKKEN, 1981 ; MARKUSFELD, 1984 ; MARTINEZ et THIBIER, 1984 ; ROWLANDS *et al.,* 1985) ne permettent pas cependant d'affirmer que l'effet « saison » est primordial. Il s'interpénètre en réalité avec deux autres effets : l'effet « vêlage », d'une part et l'effet « stabulation », d'autre part.

L'effet vêlage est particulièrement marqué pour les pathologies dont les fréquences diminuent selon une courbe asymptôtique au cours de la lactation (FAYE et FAYET, 1986). C'est le cas des pathologies mammaires, génitales, métaboliques et digestives. Leur fréquence, très élevée dans la période du *post-partum,* diminue très rapidement au cours de la lactation. La majorité des vêlages survenant en hiver (PACCARD, 1981 ; FAYE et FAYET, 1985), il est logique d'observer un « pic pathologique » au moment où ceux-ci sont les plus nombreux. L'effet vêlage est plus discret pour les pathologies dont les fréquences diminuent de façon linéaire au cours de la lactation, comme c'est le cas pour les maladies du pied (EDDY et SCOTT, 1980 ; FAYE ET FAYET, 1985). L'effet stabulation est bien sûr lié aux facteurs de risques inhérents à la nature du bâtiment et à l'hygiène de la litière sur lesquels nous reviendrons.

* Paradoxalement, on peut affirmer que l'effet de la date de vêlage est inexistant sur les pathologies liées à la mise-bas. On peut en effet calculer leur fréquence saisonnière par rapport au nombre de vêlages enregistré dans la même période. Dès lors, les variations saisonnières des fréquences relatives sont indépendantes de la courbe saisonnière des vêlages. Il semble par ailleurs, que la période de mise à l'herbe (printemps) et la saison chaude (été) constituent des moments favorables à l'apparition de ces pathologies, en particulier la non-délivrance et les fièvres vitulaires (FAYE et FAYET, 1985), mais aussi pour les mammites *post-partum* (FAYE et BROCHART, 1986). Il est vraisemblable cependant que l'effet « saisonnier » soit moins dû à un risque climatique qu'à un risque « alimentaire ». En effet, le pic de printemps observé par divers auteurs pour la non-délivrance (ROINE et SALONIEMI, 1978 ; ARTHUR, 1979 ; FAYE et FAYET, 1985) pourrait être lié à l'abondance dans l'herbe jeune de l'acide linolénique, inhibiteur de l'utilisation de l'acide linoléique pour la synthèse d'acide arachidonique, précurseur des prostaglandines de la série 2, dont le rôle dans l'expulsion des annexes fœtales a largement été souligné (CHASSAGNE et BROCHART, 1985). La présence d'œstrogènes dans l'herbe jeune a également été invoquée pour expliquer l'augmentation du nombre de cas de mammites cliniques à la fin du printemps et au début de l'été (KING, 1972 ; CARROLL, 1977). Les facteurs plus strictement climatiques sont cependant incriminés dans l'augmentation des fréquences estivales des non-délivrances (COLLIER *et al.,* 1982; BADINAND et SENSENBRENNER, 1984), des fièvres vitulaires (LARVOR *et al.,* 1961) et des mammites cliniques (KING, 1972; SIMENSEN, 1974 ; GROOTENHUIS, 1979 ; DOHOO *et al.,* 1984). L'effet climat serait alors direct (stress « thermique ») ou indirect (qualité des fourrages, pullulation des insectes vecteurs de germes pathogènes).

2. Variation intrasaisonnière

Les changements météorologiques importants, les « excès climatiques » (sécheresse, canicule, vague de froid, orages violents) relèvent d'une dynamique intrasaisonnière dont l'étude de l'effet sur la pathologie animale pose des problèmes méthodologiques difficiles voire impossibles à résoudre, en particulier en période d'herbage (BROCHART *et al.,* 1982). Quelques observations ou études expérimentales sont cependant disponibles.

a) Rôle de la température

La vache laitière résiste fort bien au froid compte-tenu de l'importance de l'extra-chaleur due au métabolisme de l'acide acétique produit dans le rumen. Cependant, la mamelle constitue un organe relativement dépourvu de protection thermique et particulièrement sensible aux basses températures (WEBSTER, 1981) surtout lorsque le refroidissement est brutal (BAKKEN, 1982 ; SPECKER, 1978). Le froid entraîne une vasoconstriction, une hypoxie tissulaire, une diminution de l'activité phagocytaire et prédispose en conséquence à l'infection mammaire (EWBANK, 1968 ; BELJIN-KORAC et KORAC, 1974).

Il est difficile dans les conditions d'enquête d'isoler le facteur « froid », compte-tenu de la liaison température basse-hiver-période de stabulation-pic de vêlage. Toutefois, les analyses, portant sur 942 vaches du Finistère, ont montré que la corrélation négative entre la moyenne des températures maxima mensuelle et la fréquence des mammites est significative pour les cinq mois de stabulation (BROCHART *et al.,* 1982). En revanche, en Mayenne, aucun effet de la température n'a pu être mis en évidence (BARNOUIN *et al.,* 1986). Ces résultats contradictoires sont liés au fait que l'influence de la température extérieure est modifiée par le type de stabulation. En effet, la fréquence des mammites est nettement supérieure dans les stabulations libres à logettes (39,2 p.100) dont les aires de repos sont peu ou non paillées, que dans les stabulations bien paillées qu'elles soient libres (28,8 p.100) ou entravées (23,1 p.100). Il semble donc que la protection contre le froid au niveau du sol des logettes soit moins

bien assurée que dans les autres types de stabulations paillées. Lorsque la température de la litière descend en-dessous de 10° C, le risque de mammite augmente (MELHORN *et al.,* 1981). Le contact entre la mamelle et un sol insuffisamment isolant (sans paille) prédispose l'organe à l'infection (KING, 1972).

Le froid peut également agir de façon indirecte : lorsque les températures sont très basses, les animaux augmentent leur temps de couchage dans la litière, ce qui augmente la température de celle-ci (jusqu'à 35° C) et facilite la prolifération de la population de coliformes (FRANCIS *et al.,* 1980). Le froid intervient également en provoquant certaines lésions du pis telles que les gerçures. D'ailleurs en H^te^-Marne où l'hiver est relativement rigoureux, ces lésions sont fréquentes au sein des élevages suivis dans le cadre de l'EEPC. On sait par ailleurs que les lésions du pis prédisposent aux mammites cliniques (SEYKORA et McDANIEL, 1985 ; FAYE *et al.,* 1986).

Le froid affecte également la résistance à l'infection pulmonaire en réduisant la capacité du tractus respiratoire à s'opposer à la colonisation microbienne (WEBSTER, 1981), mais ce mode d'action des basses températures est surtout actif sur les veaux, la pathologie respiratoire étant plutôt secondaire chez la vache laitière (BARNOUIN *et al.,* 1983). Le froid intervient aussi en tant que facteur de stress dans l'apparition des tétanies d'herbage (RAYSSIGUIER *et al.,* 1981) en stimulant le système adrénergique, responsable d'une augmentation de la lipolyse qui s'accompagne dans tous les cas d'une hypomagnésémie. Un mécanisme analogue explique en partie l'augmentation des cas d'acétonémie lors d'exposition prolongée au froid.

La chaleur en zones tempérées intervient directement sur la diminution de l'appétit (MOODY *et al.,* 1967), mais la récupération nocturne permet en général d'éviter le stress thermique (BROCHART *et al.,* 1982). Elle intervient également sur l'activité sexuelle des vaches Pie-noires : les chevauchements au moment de l'œstrus sont moins fréquents en périodes chaudes (PENNINGTON *et al.,* 1985). L'augmentation des fréquences de mammites cliniques, souvent constatée lors de températures élevées (KING, 1972 ; SIMENSEN, 1974 ; GROOTENHUIS, 1979; COLLIER *et al.,* 1982 ; FAYE et FAYET, 1985), semble plus liée à l'effet indirect de la chaleur, plus précisément à la pullulation des insectes tels que les mouches, importants vecteurs de bactéries pathogènes (TOLLE, 1984) en particulier des *S. dysgalactiae* de la mamelle (BRAMLEY *et al.,* 1985).

Le « stress thermique » aurait une action différente selon les germes en cause : les comptages de *S. agalactiae* et *micrococcus* sp. dans la mamelle diminuent lors de fortes chaleurs, alors que ceux de *Pseudomonas* augmentent. *S. uberis,* en revanche, apparaît indépendant des conditions thermiques de l'environnement (BROWN *et al.,* 1977). Pour certains, la chaleur n'a aucun effet sur le nombre de cellules du lait (BROWN *et al.,* 1977), pour d'autres au contraire, ce nombre augmente en période estivale (COLLIER *et al.,* 1982). Aucun effet de la température n'a été mis en évidence dans le cadre de l'EEPC, sur le nombre de cellules du lait (BARNOUIN *et al.,* 1986). L'effet principal de la chaleur semble être plus la diminution de la production laitière que les manifestations pathologiques (THOMPSON, 1973 ; RODRIQUEZ *et al.,* 1985).

Le « stress thermique » est également incriminé dans l'étiologie des non-délivrances survenant en été (BADINAND et SENSENBRENNER, 1984). La chaleur entraîne une élévation du taux de progestérone sanguin chez la vache gestante et une baisse du taux d'œstrogènes, ces perturbations hormonales pouvant favoriser la rétention des enveloppes fœtales (COLLIER *et al.,* 1982). La chaleur diminuerait également la durée de gestation de 2 ou 3 jours, ce qui suffirait à augmenter le risque de rétentions placentaires lors de vêlages d'été (DUBOIS et WILLIAMS, 1980). La présence d'aire ombragée en été favorise la diminution de la fréquence de non-délivrances et améliore le rendement laitier après le vêlage (COLLIER *et al.,* 1982).

Enfin, la chaleur a une influence néfaste sur la fonction de reproduction (cf. revue de PACCARD, 1981), le « stress thermique » étant à l'origine de désordres hormonaux importants (JOHNSON et VANJONACK, 1975).

b) Rôle de la pluviométrie

L'analyse de l'effet « pluviométrie » est théoriquement plus aisé : contrairement aux températures, les quantités de pluie peuvent s'additionner. De plus, l'amplitude des variations pluviométriques paraît avoir moins de conséquences sur la physiologie et la santé de l'animal que celle des variations thermiques.

Cependant, pour éliminer le biais dû à la relation pluviométrie importante - mois d'hiver - période de stabulation, il est indispensable de mener l'étude séparément sur les deux périodes de l'année (stabulation / herbage). Ainsi, dans le département du Finistère, la fréquence mensuelle hivernale des mammites cliniques a été multipliée par 4 lorsque les précipitations mensuelles ont été multipliées par 5 (BROCHART *et al.,* 1984a). Dans le département de la Mayenne, la fréquence des mammites cliniques en période d'herbage est passée de 16 à 37,2 p.100 lorsque la pluviométrie mensuelle est passée de 60 à plus de 120 mm (BARNOUIN *et al.,* 1986). A l'inverse, aucune relation n'a été mise en évidence dans le Finistère en période d'herbage, les variations pluviométriques mensuelles étant sans doute insuffisantes pour détecter un effet sur la pathologie mammaire ; et aucune corrélation n'a pu être établie en période de stabulation en Mayenne, les conditions de confort des animaux étant largement satisfaisantes au vu des consommations élevées de paille pour les litières dans ce département (BARNOUIN *et al.,* 1986). La corrélation positive entre l'incidence des mammites cliniques de la vache et la pluviométrie au pâturage est d'ailleurs souvent observée (SIMENSEN, 1974 ; SIMENSEN et SLAGSVOLD, 1975 ; WALSER *et al.,* 1982).

L'effet principal de la pluie, surtout lorsqu'elle est associée au vent ou à un courant d'air, est d'augmenter l'intensité de l'action du froid (WEBSTER, 1981). Les conditions qui augmentent l'humidité de la mamelle prédisposent à la multiplication des germes gram-négatifs et donc aux mammites (BRANDER, 1973; JASPER *et al.,* 1976 ; RENDOS *et al.,* 1976 ; JACKSON, 1981 ; THOMAS *et al.,* 1983 ; BROCHART *et al.,* 1984a). Mais il est certain aussi que la pluie agit indirectement sinon sur la santé des animaux, du moins sur la qualité des fourrages qu'ils consomment en modifiant leur valeur alimentaire. L'effet « climatique » serait alors, en cas de distribution d'ensilage ou de foin, différé dans le temps.

La pluviométrie hivernale, c'est-à-dire la prédominance d'un temps froid et pluvieux est corrélée positivement à la fréquence des fièvres vitulaires (SIMENSEN, 1974) et des tétanies d'her-

bage (MARTENS et RAYSSIGUIER, 1979). Les affections gastro-intestinales sont également plus nombreuses dans ces conditions (WEBSTER, 1981).

Les climats secs favorisent le dessèchement et le durcissement de la corne des bovins qui tend alors à se casser ou se fissurer, ce qui constitue un facteur prédisposant aux affections podales, en particulier à la seime. A l'inverse, l'humidité associée à la chaleur ramollit la corne, élève son taux d'humidité de 15-20 p.100 à plus de 30 p.100 et la rend plus sensible à l'usure, mais aussi aux traumatismes (GREENOUGH *et al.*, 1983). Dans ces conditions, la nécrobacillose interdigitale a plus de chance de survenir. La dermatite interdigitale est plus fréquente en période humide et froide. Dans le Somerset, en Angleterre, EDDY et SCOTT (1980) observent une corrélation positive entre la pluviométrie et la fréquence globale des boiteries.

c) Autres facteurs climatiques

Les autres facteurs climatiques (variations barométriques, vent) sont peu étudiés en élevage laitier car seules les grandes stations météorologiques en assurent le relevé. Ces données n'ont pas été prises en compte dans l'EEPC.

Signalons cependant que LARVOR *et al.* (1961) observent des accidents vitulaires en série lors de dépressions barométriques brusques et que SPECKER (1978) met en évidence une corrélation entre les changements brutaux de pression atmosphérique et les mammites cliniques ou les troubles respiratoires.

Il ressort de l'ensemble des observations que la pathologie mammaire est la plus dépendante des facteurs climatiques. Ceci peut être relié à plusieurs constatations :

- les mammites cliniques représentent la pathologie la plus étudiée parce que la plus fréquente en élevage laitier (BARNOUIN *et al.*, 1983) et la plus préjudiciable économiquement ;

- la mamelle est un organe particulièrement sensible aux agressions climatiques, du fait de l'absence de phanères assurant sa protection thermique et de l'importance des échanges métaboliques effectués à son niveau (EWBANK, 1968 ; WEBSTER, 1981) ;

- la mammite représente le type même de pathologie multifactorielle, particulièrement dépendante des facteurs de l'environnement (BROCHART *et al.*, 1984a ; BARNOUIN *et al.*, 1986).

II. Mode de stabulation et pathologie

L'étude de l'influence du mode de stabulation sur la pathologie a fait l'objet de revues bibliographiques (EKESBO, 1966) ou techniques (FOSTIER *et al.*, 1983) auxquelles on peut utilement se référer.

Les interactions logement-pathologie chez la vache laitière sont multiples. Sans prétendre à l'exhaustivité, on peut cependant les rassembler en trois rubriques principales :

- les actions dues aux insuffisances ou aux mauvaises conceptions des éléments constitutifs du bâtiment conduisant à favoriser les traumatismes (sol abrasif, stalles ou logettes mal conçues...) ;

- les actions dues aux facteurs défavorisant l'hygiène globale de la stabulation et constituant dès lors des conditions prédisposantes de l'infection (propreté des litières, micro-climat) ;

- les actions dues à la capacité qu'a le mode de stabulation à favoriser ou non l'expression de la hiérarchie sociale à l'intérieur du troupeau, l'exercice physique des animaux et l'extériorisation des chaleurs, et donc de stimuler ou non certains troubles du métabolisme et de la reproduction.

L'ensemble de la pathologie est plus fréquente en période de stabulation qu'en période de pâturage (FAYE et FAYET, 1985), mais nous avons vu que l'effet « stabulation » est étroitement imbriqué à l'effet « hiver » et à l'effet « vêlage ». Plus intéressantes sont les études comparatives des modes de stabulation, encore que là aussi, la prudence dans l'interprétation des résultats soit de règle, les différences observées pouvant masquer des réalités d'une autre nature : niveau d'intensification par exemple (les stabulations libres à logettes caractérisent plutôt les élevages intensifiés) ou spécificité géographique et raciale (les élevages à dominante montbéliarde de l'Est de la France sont surtout en stabulations entravées).

1. Mode de stabulation et traumatismes

Compte-tenu de l'importance des relations entre les traumatismes du trayon et les mammites cliniques, de nombreuses études ont été réalisées sur cet aspect. En effet, les vaches qui présentent des anomalies du pis (gerçures, nodules, verrues, plaies et cicatrices de toute nature) ont 4,4 fois plus de mammites cliniques au cours de leur lactation (FAYE *et al.*, 1986), et une corrélation positive est observée entre la fréquence des mammites cliniques et le nombre de cicatrices sur les trayons (NASI et SALONIEMI, 1981).

La stabulation entravée est généralement considérée de ce point de vue comme plus « traumatisante » que la stabulation libre paillée (BAKKEN, 1981) ou que la stabulation à logettes (MATON et MOOR, 1975 ; MATON, 1982). Dans le cas des stabulations entravées, la longueur de la stalle est déterminante, le taux de traumatismes du trayon variant du simple au double entre une stalle longue et une stalle courte (KOSKIEMI, 1982). Ces résultats corroborent d'ailleurs nos propres observations (FAYE et BROCHART, 1986). Cependant, il semble qu'il existe des différences interraciales (EKESBO, 1966) dues sans doute au caractère plus ou moins « vif » de certaines races et à la conformation de la mamelle (SEYKORA et McDANIEL, 1985). Il importe surtout, pour éviter les traumatismes de la mamelle, de laisser à l'animal un espace suffisant lui permettant de se lever et de se mouvoir sans trop de difficultés (GROMMERS *et al.*, 1972 ; KARLSSON et GUSTAFSSON, 1978). Les traumatismes sont d'autant plus nombreux que la hauteur entre le pis et le sol est plus courte (KUBICEK et MEINECKE, 1978). Cette distance tend d'ailleurs à diminuer avec l'âge de l'animal (JANICKI et BALUKIEWICZ, 1980), ce qui expliquerait en partie l'augmentation des fréquences de mammites cliniques avec le numéro de lactation (FAYE et FAYET, 1985).

Enfin, les vaches se couchant plus souvent sur leur côté gauche, la présence de déclivité des logettes ou des stalles, en obligeant les animaux à se placer tous dans le même sens permet de diminuer les risques de traumatismes du trayon. Les animaux « présentent » alors leur flanc gauche toujours du même côté, ce

qui évite ainsi les bousculades au moment du relevé (ALBRIGHT *et al.*, 1978).

Le pododerme, tissu sous-jacent à l'étui corné du pied, est particulièrement sensible aux actions traumatisantes du sol. La qualité du sol de la stabulation intervient donc directement sur la pathologie podale. Les sols abrasifs, trop durs ou trop basiques (cas du béton frais) favorisent les déformations des onglons, des ulcères de la sole, des contusions diverses pouvant évoluer vers l'infection podale (panaris, par exemple). L'étude des associations pathologiques a d'ailleurs bien montré la cohésion interne de la « trilogie podale » : les fréquences de boiteries, pathologies infectieuses et non-infectieuses du pied sont fortement corrélées entre elles. Les vaches souffrant, par exemple, d'une contusion de la sole ou d'un décollement du sabot au cours de leur lactation, présentent un risque 6 fois plus élevé d'avoir un panaris interdigité ou un phlegmon, et 13 fois plus élevé d'avoir une boiterie (FAYE *et al.*, 1986).

En règle générale, les stabulations entravées à stalles courtes paraissent défavorables pour la santé du pied (EMPEL et KOZANECKI, 1982), bien que les systèmes de stabulation libre puissent favoriser la diffusion des maladies infectieuses des doigts comme le phlegmon et la dermatite interdigitale (fourchet). Cependant, les cas de dermatite interdigitale contagieuse et de pododermatite y sont moins graves que dans les stabulations entravés (GREENOUGH *et al.*, 1983). La fréquence des boiteries est plus élevée en stabulation entravée sur béton que sur terre battue (DORYNEK *et al.*, 1980).

Dans les stabulations libres sur caillebotis, la fréquence de boiterie est plus élevée que dans les systèmes conventionnels entravés (EKESBO, 1966). Ce même auteur note une plus grande fréquence des lésions traumatiques des onglons dans le système sans attache que dans les stabulations entravées, observation confortée par celle de MATON et MOOR (1975). Pourtant l'exercice physique, que favorise le système en stabulation libre, serait un élément favorable à la diminution de la fréquence des troubles podaux (CHWOJNOWSKI *et al.*, 1965).

L'incidence des boiteries semble plus importante dans les stabulations à logettes que dans les stabulations libres paillées (ROWLANDS *et al.*, 1983). Enfin, les logettes en terre battue sont moins traumatisantes que celles en béton (BROCHART et FAYET, 1981).

2. Mode de stabulation et pathologie infectieuse

Les résultats globaux de l'EEPC indiquent clairement que les fréquences de mammites et de métrites sont plus élevées dans les stabulations libres (FAYE et BROCHART, 1986), mais le facteur « étables à logettes ou libres paillées » n'est pas indépendant du facteur « intensification de l'élevage ». La stabulation libre paraît pour la plupart des auteurs, plutôt plus favorable à la santé de la mamelle que la stabulation entravée (GROZA, 1980; BAKKEN, 1981) dans des conditions de productivité voisine. La présence d'un caillebotis est bénéfique dans les stabulations entravées (BROCHART *et al.*, 1984a), mais c'est surtout l'élément litière qui est à prendre en considération tant pour la santé de la mamelle que pour celle du pied. Etant donné l'importance de cet élément, nous lui consacrerons un chapitre particulier.

Le problème du micro-climat (« l'ambiance ») renvoie à celui du climat et à la capacité qu'a le bâtiment d'élevage à protéger les animaux contre les intempéries et les variations climatiques brusques. Nous ne reviendrons pas sur les aspects température-hygrométrie.

Le facteur « ventilation » en revanche est primordial dans un bâtiment d'élevage, car l'absence d'un bon renouvellement d'air, en particulier dans les stabulations « fermées » est source d'accumulation de vapeur d'eau en excès ou d'agents nocifs (tels que l'ammoniac), ce qui favorise la contamination infectieuse des voies respiratoires, bien que la pathologie pulmonaire, comme nous l'avons déjà mentionné, soit tout-à-fait secondaire dans l'ensemble de la pathologie observée chez la vache laitière (BARNOUIN *et al.*, 1983). Cependant la « pollution microbienne » de l'air peut affecter d'autres organes, notamment la mamelle (VASIL, 1980 ; SPECKER, 1978).

3. Mode de stabulation, pathologie métabolique et troubles de la reproduction

La possibilité pour les animaux de satisfaire à leurs besoins de mouvements, de pouvoir réaliser de l'exercice physique, est favorable à leur état de santé. A ce titre, les étables libres paillées constituent un milieu plutôt bénéfique. EKESBO (1966) note d'ailleurs moins d'acétonémie et THAMLING (1980) moins d'infécondité en stabulation libre qu'en stabulation entravée. Le libre mouvement des animaux améliore la manifestation des chaleurs (KIDDY, 1977). MATON et MOOR (1975) observent globalement moins de troubles du post-vêlage en stabulation libre, et en particulier moins de complications telles que le renversement de matrice.

En revanche, il ne semble pas qu'il soit possible de définir un mode de stabulation plus favorable qu'un autre à la diminution des fréquences de non-délivrances ou de fièvre vitulaire bien que l'exercice physique facilite le vêlage, accélère la non-délivrance et l'involution utérine, et diminue la fréquence des œdèmes mammaires (LAMB *et al.*, 1979). Les analyses réalisées dans le cadre de l'EEPC n'ont d'ailleurs pas permis de préciser une typologie d'élevage pour ces pathologies (FAYE et BROCHART, 1986).

III. Litière et pathologie

Le rôle de la litière dans l'apparition des pathologies majeures en élevage bovin laitier est d'une telle importance qu'une littérature très abondante y est consacrée, en particulier pour ce qui concerne la pathologie de la mamelle (cf. revue de SERIEYS, 1985). Cette importance est due au fait que la litière constitue un support sur lequel la vache passe la plus grande partie de son existence et un réceptacle de toutes les déjections des animaux. Son entretien, son renouvellement dépendent de sa nature et représentent une charge de travail non négligeable pour l'éleveur. De nombreux types de litière ont été testés : sciure, sable, copeaux de bois, déjections recyclées, tourbe, craie concassée et même papier (LEJEUNE, 1983). Cependant, la paille reste l'élément le plus répandu bien qu'avec l'apparition des étables à logettes, la tendance paraît être à l'absence totale de litière.

Nous pouvons considérer l'effet de la litière sur la santé des animaux sous trois aspects :

- effet physico-chimique,

- effet micro-climatique,
- effet bactériologique.

1. Effet physico-chimique

La litière est un élément « amortisseur » et limite, de ce fait, l'importance des traumatismes de la mamelle. L'absence de litière paillée augmente le taux de blessures du trayon (GROMMERS *et al.*, 1972 ; WIBBELER, 1976 ; KARLSSON et GUSTAFSSON, 1978 ; MATON, 1982). Pourtant LEONHARD-KLUZ *et al.* (1980) n'observent pas plus de mammites cliniques en présence qu'en absence de litière paillée dans des conditions d'environnement comparables, alors que SERBAN et SIRBU (1980) enregistrent plus de mammites cliniques en absence de litière. Tout dépend en fait de la quantité de paille utilisée, l'absence de paille semblant préférable à une quantité insuffisante, notamment dans les étables à logettes (BROCHART *et al.*, 1984a). Cet aspect du problème explique sans doute les résultats contradictoires issus des études concernant l'infection mammaire ou podale (BERGER, 1979).

La « dureté » du sol est associée aux lésions de la mamelle et aux mammites (KING, 1972 ; ALLISON et GREIG, 1979) et l'utilisation de tapis de caoutchouc paraît favorable à la diminution de la fréquence de la pathologie mammaire (PETTERSEN, 1981), quel que soit le mode de stabulation (BROCHART *et al.*, 1982). Cependant, il semble que l'effet « isolation thermique » du tapis soit prépondérant à l'effet « confort physique ».

Si les sols irréguliers ou rugueux non paillés favorisent les lésions traumatiques de la sole, les aires recouvertes de paille dure dans les stabulations libres peuvent traumatiser l'espace interdigital et favoriser la nécrobacillose interdigitale ou panaris (GREENOUGH *et al.*, 1983).

Le « pouvoir d'absorption » de la litière dépend bien entendu de sa nature (SUMNER, 1981) et est en relation étroite avec la possibilité de colonisation bactérienne de ce substrat. Ainsi, la sciure de bois, matériau très absorbant, constitue un support particulièrement favorable à la multiplication des germes de l'environnement (RENDOX *et al.*, 1975 : NATZKE et LECLAIR, 1976 ; GROOTENHUIS, 1979).

Enfin, le pH de la litière intervient sur la fréquence des mammites cliniques en favorisant la croissance des germes gram-positifs dont le pH optimum se situe entre 6,7 et 7,4. Les litières basiques comme la craie concassée sont donc favorables à la santé de la mamelle (JANZEN *et al.*, 1982). Le chaulage des litières, en augmentant le pH (aux environs de 8), améliore donc l'état sanitaire du troupeau laitier.

2. Effet micro-climatique

Nous avons déjà abordé cet aspect dans le chapitre « climat et pathologie ». En effet, la litière agit en premier lieu comme un isolant et doit constituer un milieu tampon vis-à-vis des variations climatiques.

Une bonne isolation du sol par une litière abondante ou un substrat adéquat (tapis de caoutchouc) protège la mamelle contre les agressions thermiques (froid intense) et représente un élément permettant de diminuer l'incidence des mammites cliniques et sub-cliniques (HINRICHSEN *et al.*, 1978). Le contact entre la mamelle et un sol imparfaitement isolé provoque de brusques changements circulatoires au niveau de cet organe (KORAC, 1974), ce qui prédispose aux infections (KING, 1972).

En réalité, le problème paraît plus complexe. Nous avons déjà mentionné les travaux de FRANCIS *et al.* (1980) montrant qu'en cas de froid intense, les vaches laitières augmentent leur temps de couchage, ce qui accroît la température de la litière et, de ce fait, favorise la multiplication des colibacilles qu'elle contient. Ce phénomène est d'autant plus marqué que les vaches sont fortes productrices, sans doute parce que la chaleur dégagée par leur mamelle est plus élevée.

Les germes de l'environnement ont besoin de chaleur et d'humidité pour se multiplier. Tous les éléments qui favorisent l'augmentation de l'humidité de la litière constituent donc des facteurs prédisposant aux infections. ALLEN *et al.* (1980) considèrent qu'une litière à base de déjections recyclées ne doit pas dépasser 40 p.100 d'humidité pour être utilisée sans danger. JACKSON (1981) recommande le maintien d'une litière sèche en particulier durant la période de vêlage, pour éviter l'augmentation des cas de mammites cliniques *post-partum*. La fréquence de cette pathologie et des métrites est d'ailleurs d'autant plus élevée que le paillage est insuffisant (FAYE et BROCHART, 1986).

L'aspect micro-climatique de la litière dépend aussi de la nature du bâtiment, de sa conception, mais aussi de la densité de la population animale, soit que la surface par animal soit trop réduite, soit que les vaches restent groupées sur une partie de l'aire paillée pour se protéger des intempéries dans un bâtiment mal conçu ou mal orienté (SERIEYS, 1985).

3. Effet bactériologique

Les espèces bactériennes impliquées dans les infections de la mamelle ont pour origine l'animal lui-même (germes spécifiques) ou son milieu (germes de l'environnement).

Les agents bactériens ou mycosiques de l'environnement ont une origine surtout fécale, secondairement génitale ou buccale. La litière, réceptacle des fécès et des pertes génitales est donc en permanence contaminée. Cependant, ce n'est pas tant cette contamination qui représente un risque pour l'animal, que les facteurs permettant la multiplication des micro-organismes dans la litière. Les agents de l'environnement responsables des infections de la mamelle peuvent survivre 10 à 21 jours dans la paille, 15 à 65 jours dans le fumier, 21 à 43 jours dans le sol (WRAY, 1975). *Streptococcus uberis* est isolé dans 24 p.100 des échantillons de paille et dans 34 p.100 des litières paillées (BRAMLEY, 1982). Il existe une corrélation positive étroite entre la teneur en coliformes de la litière et la fréquence de mammites dans une étable (CARROLL, 1977). Les germes gram-négatifs (pseudomonas et coliformes) sont plus nombreux dans les litières humides, mal drainées. La multiplication des germes est donc favorisée par l'épaisseur de la litière (BRANDER, 1973), mais aussi par sa nature physique. Certains germes de l'environnement, responsables des mammites sont fréquents dans les litières à base de sciure de bois : *Klebsiella* (GROOTENHUIS, 1979), *Candida krusei* (ALLISON et GREIG, 1979). A ce titre, de nombreuses études ont été réalisées pour comparer la « qualité bactériologique » des litières. Ainsi BRANDER (1973) associe les litières à base de sciure avec les mammites colibacillaires. D'ailleurs KELLER et KONGGAARD (1985) comptabilisent 100 à 1000 fois plus de

colibacilles dans la sciure de bois que dans la paille. Les streptocoques, germes spécifiques, sont plus nombreux dans la litière paillée (RENDOS *et al.,* 1975) et les infections à staphylocoques sont persistantes sur les litières paillées contaminées (BRATLIE, 1975). Le nombre de bactéries diminue de la litière au trayon et du trayon au lait (JANZEN *et al.,* 1982), mais la contamination du trayon est corrélée à celle de la litière (NATZKE et LECLAIR, 1976) et le nombre de bactéries sur le trayon est plus important chez les vaches élevées sur litière sciure que sur litière paillée (McLARTY, 1981).

La chaleur et l'humidité permettent à certains germes responsables des affections podales (*Fusobacterium necrophorum, Bacterioïdes nodosus)* de survivre également pendant des périodes prolongées dans la litière (GREENOUGH *et al.,* 1983). Par ailleurs, les déjections des animaux peuvent irriter la peau interdigitale et provoquer en présence de bactéries des érosions de la corne avec ses conséquences.

Une corrélation positive est mise en évidence entre la contamination bactérienne des trayons des vaches soumises aux règles prophylactiques classiques (trempage et traitement au tarissement) et l'importance des souillures sur les animaux (ROBINSON *et al.,* 1985). Plusieurs auteurs se sont intéressés aux relations propreté des vaches et taux de mammites cliniques (ALLISON et GREIG, 1979 ; NYGAARD, 1979 ; BAKKEN, 1981 ; KELLER et KONGGAARD, 1985). Nous avons nous-mêmes mis au point une échelle d'objectivation de la propreté des vaches laitières (FAYE et BARNOUIN, 1985), afin de tester à l'avenir l'intérêt épidémiologique de cette notation. Les résultats de l'EEPC ont en effet clairement montré l'importance d'un paillage suffisant et d'un bon renouvellement de la litière tant sur la diminution des fréquences de mammites cliniques que celles des métrites (FAYE et BROCHART, 1986). Une quantité de paille insuffisante (moins de 3 kg par jour et par vache en stabulation entravée, moins de 5 kg en stabulation libre) caractérise des « élevages à risques » (BROCHART *et al.,* 1984a) dans lesquels l'intensité de la prophylaxie classique, si elle diminue le nombre de cas de mammites subcliniques, n'a aucun effet sur les mammites cliniques et tend même à en augmenter la fréquence. La prophylaxie contre les mammites est donc d'autant plus efficace qu'elle est appliquée dans un environnement où une hygiène suffisante est assurée, sous peine d'obtenir l'effet inverse de celui auquel on est en droit de s'attendre.

IV. Conduites d'élevage et pathologie

Les conduites d'élevage constituent une somme de techniques et de méthodes appelées à satisfaire aux besoins des animaux et de leur production, représentant le « savoir-faire » de l'éleveur. Ce sont les éléments du milieu qui permettent le mieux d'approcher les interactions homme-animal. Malheureusement, cette approche, évitant de sombrer dans l'estimation subjective de l'interaction, n'est évaluée qu'en terme de « techniques d'élevage » par la plupart des auteurs. Elle relève d'études concernant la gestion du milieu (hygiène de la traite, méthodes préventives, gestion de l'eau, techniques d'alimentation...), très rarement la technicité, la formation ou l'information de l'éleveur, et encore moins sa psychologie.

1. Gestion du milieu

Le réglage régulier de la machine à traire constitue une pratique de base de la prophylaxie contre les mammites (KING, 1972; HOSTEK *et al.,* 1978), recommandée par la plupart des autorités en la matière. Pourtant, 44 p.100 des éleveurs de l'EEPC ne l'appliquent pas, et elle ne représente pas un facteur discriminant les élevages à problèmes des élevages sans problèmes (FAYE et BROCHART, 1986). En revanche, le trempage des trayons caractérise plutôt les élevages à problèmes alors que l'utilisation de lavettes individuelles est plus fréquente dans les exploitations présentant peu de mammites. Dans l'étude des mammites cliniques et subcliniques observées au sein de 29 exploitations de la Mayenne (EEPC), la contribution des prophylaxies n'apparaît pas non plus décisive pour expliquer les différences inter-élevages de fréquences de mammites cliniques et de niveaux de taux cellulaires, mise à part l'utilisation des lavettes individuelles (BARNOUIN *et al.,* 1986). De même, la conduite au tarissement et, notamment, l'utilisation des antibiotiques ne semblent pas présenter une efficacité totale pour protéger la mamelle vis-à-vis de nouvelles infections au moment du vêlage (POLKOWSKI *et al.,* 1981 ; TOLLE, 1982 ; FAYE et BROCHART, 1986). Ces résultats, largement discutés par ailleurs (BROCHART *et al.,* 1984b ; BARNOUIN *et al.,* 1986 ; FAYE et BROCHART, 1986) renvoient au chapitre précédent : c'est l'interaction hygiène-prophylaxie qui doit être prise en compte.

L'origine de l'eau dans l'exploitation, soit pour l'abreuvement, soit pour le lavage des mamelles, n'a pas été prise en compte dans l'EEPC, mais elle le sera dans la future enquête. En effet, l'eau intervient aussi bien comme vecteur d'agents pathogènes (BRANDER, 1973 ; MARTEL, 1984) que comme support d'éléments polluants ou toxiques (THIN, 1985).

L'examen et le parage des onglons est un travail demandant un investissement de temps important et est, de fait, peu pratiqué. Pourtant, il semble que beaucoup de troubles podaux pourraient être évités par la régularité de cette pratique (ANDERSON et LUNDSTROM, 1981 ; PETTERSEN, 1981). L'utilisation d'un pédiluve est également vivement recommandée. Pourtant, dans une enquête réalisée en Bretagne-Pays de Loire, BROCHART et FAYET (1981) n'ont pas constaté d'influence bénéfique du pédiluve. Sur des données partielles de l'EEPC, concernant le Finistère (données non publiées), nous avons même observé une plus grande fréquence de boiteries dans les exploitations disposant d'un pédiluve. Ce phénomène peut être relié à plusieurs aspects éventuellement complémentaires :

- ce sont les élevages dans lesquels il y a des problèmes de boiteries qui construisent et utilisent un pédiluve ;

- la présence d'un pédiluve dans une exploitation n'implique pas forcément son utilisation ;

- l'emploi d'un pédiluve n'implique pas forcément non plus qu'il soit fait de façon rationnelle et dans les meilleures conditions. Un renouvellement insuffisant des solutions antiseptiques et bactéricides peut transformer le bain en véritable bouillon de culture, et l'utilisation de solutions trop concentrées favorise l'apparition de dermatite aigue de la couronne et du pâturon (GREENOUGH *et al.,* 1983).

Donc, encore une fois, ce ne sont pas tant les méthodes préventives qui sont efficaces que leur application rationnelle, dans

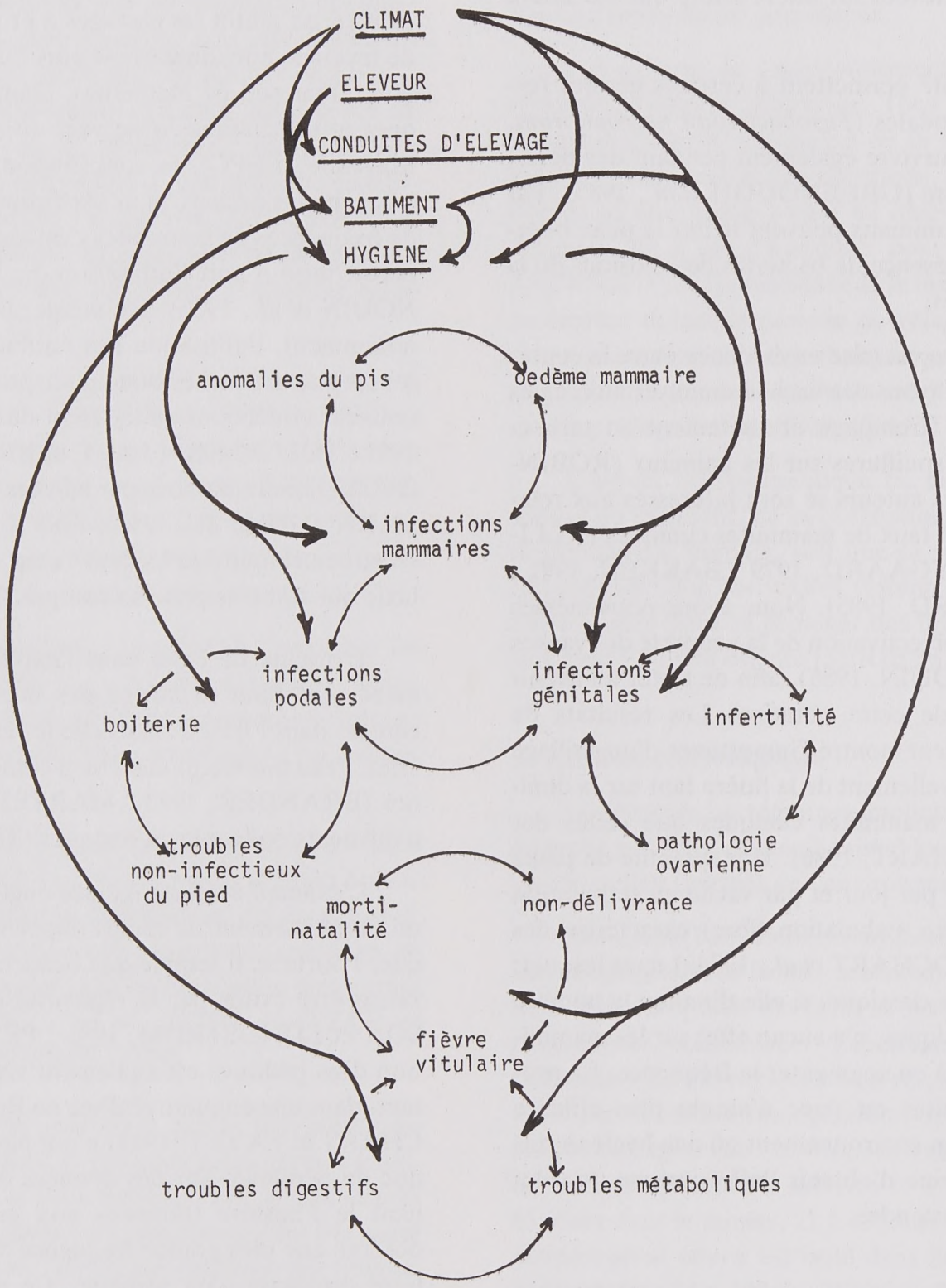

FIG. 1 : *Schéma des interactions entre quelques facteurs de l'environnement et la pathologie non-parasitaire de la vache laitière.*

les conditions permettant leur optimisation. Cet aspect relève en conséquence et en priorité, de la technicité, du savoir-faire de l'éleveur.

2. Rôle de l'éleveur

Elément central de l'élevage, l'éleveur est le grand oublié des études concernant l'environnement. La raison essentielle en est qu'il représente l'élément le moins « mesurable ». Personne n'a encore, à notre connaissance, trouvé le paramètre synthétique qui pourrait caractériser « l'éleveur à risques ».

Dans l'EEPC, l'âge de l'éleveur et, sous entendu, sa technicité, ont été mis en rapport avec les incidences des pathologies majeures. Cette analyse a été réalisée à production laitière identique afin d'éliminer l'influence de ce facteur. Seuls les « écoulements vulvaires anormaux » sont plus notés par les éleveurs jeunes (date de naissance > 1938) : le dépistage et la prévention systématique des métrites sont effectivement plus le fait des jeunes éleveurs (données non publiées). En règle générale, le nombre de mesures prophylactiques appliquées, notamment en prévention des mammites, est plus élevé chez les jeunes éleveurs (BROCHART *et al.*, 1984a). Il en est de même pour le nombre de codes pathologiques notés par élevage, ce qui révèle en fait la précision de la notation de la pathologie par l'éleveur jeune.

Par ailleurs, les éleveurs qui notent moins de symptômes relatifs à l'infécondité (dysfonctionnement ovarien, infection génitale) ont plus d'intervalles intervêlages allongés (BROCHART *et al.*, 1984b).

Dans une étude portant sur 10000 vaches laitières, RABOLD et PICHLER (1980) rapportent qu'une corrélation positive est observée entre l'incidence des mammites cliniques et les périodes de « sur-travail » de l'éleveur, en particulier au moment des labours. Les techniques d'alimentation choisies par l'éleveur jouent également un rôle important : le système alimentaire dans les élevages à mauvaise fertilité se caractérise par des changements fréquents de la nature des aliments, associés à un plus grand nombre de fourrages distribués (BARNOUIN *et al.*, 1983).

SEABROOK (1983) observe une influence de la personnalité et de l'attitude de l'éleveur sur le comportement et les performances laitières des vaches. Cette influence est bénéfique lorsque l'éleveur atténue les effets du stress, est capable de prévenir rapidement les situations qui risquent d'affecter les performances de production, et peut créer un environnement conduisant l'animal à augmenter son temps de repos. Les meilleures performances seraient obtenues par les éleveurs présentant les traits de caractère suivants : prévenant, patient, indépendant, persévérant, maussade, de contact difficile, énergique, assuré, prudent face aux changements, ne s'emballant pas facilement, pas adaptable, pas soumis, pas modeste, pas inquiet, pas causant, non coopératif, non sociable. En résumé, le bon éleveur serait un « introverti confiant ».

V. Conclusions

La difficulté de la prise en compte de l'environnement en tant qu'ensemble de facteurs pouvant influencer l'apparition ou le développement des pathologies majeures en élevage bovin laitier, correspond à la difficulté de sa maîtrise.

La nouvelle Enquête « Eco-Pathologique Continue - Bretagne » actuellement en phase de mise en route devrait permettre d'approcher plus finement un certain nombre de paramètres de l'environnement, suite aux « pistes » soulevées par la première enquête. Les paramètres climatiques seront plus facilement exploitables, puisque les données quotidiennes remplaceront les données décadaires de la précédente étude. De plus, l'aspect microclimatique sera abordé par la mesure de la température et de l'hygrométrie au sein de l'exploitation. La variable bâtiment sera prise en compte de façon plus synthétique et plus rationnelle en fonction de normes admises par les spécialistes du bâtiment d'élevage.

L'hygiène de la stabulation sera approchée, d'une part à travers la notation « objective » de l'état de propreté des animaux, d'autre part, à travers la bactériologie du lait au moment du périvêlage et éventuellement le comptage colibacillaire de la litière.

Enfin, nous essaierons de « typer » l'éleveur en fonction des éléments permettant d'apprécier son niveau de formation, la qualité des informations dont il dispose et la précision de sa technicité. Ces relations avec l'animal pourront être approchées par la détermination du « caractère » des vaches et la mesure de leur comportement, notamment lors de prises de sang, de l'insémination ou au moment de la traite.

Nous pensons, grâce aux moyens mis en œuvre dans le cadre de l'Enquête Eco-Pathologique Continue-Bretagne, perfectionner l'analyse et la compréhension du « milieu » et préciser certains points des interactions schématisées dans la figure 1.

Références bibliographiques

ALBRIGHT J.L., YUNGBLUT D.M., ARAVE C.W., 1978.
Laterality of dairy cows.
XX th Int. Dairy Cong. Vol.E 152-153.

ALLENS S., WALLENTINE M., AUSTIN S., BURCH P., HOOPES K., 1980.
Recycled manure solids as a free stall bedding for lactating dairy cows and its association with mastitis.
Nat. Mas. Council. Ann. Meet., 18-20.

ALLISON C.J., GREIG A., 1979.
A three month study of environmental mastitis in a dairy herd.
Vet. Rec. 104 (6), 123-125.

ANDERSSON L., LUNDSTROM K., 1981.
The influence of breed, age, body weight and season on digital diseases and hoof size in dairy cows.
Zentr. Vet. Med., 28 (2), 141-151.

ARTHUR G.H., 1979.
Retention of the afferbirth in cattle: a review and commentary.
Vet. Annual., 19, 26-36.

BADINAND F., SENSENBRENNER A., 1984.
Non-délivrance chez la vache. Données nouvelles à propos d'une enquete épidémiologique.
Le point Vet., 16 (84), 13-26.

BAKKEN G., 1981.
A survey of environment and management in Norwegnan Dairy herds, with reference to udder diseases.
Acta. Agric. Scand., 31, 50-69.

BAKKEN G., 1982.
The relationships between environmental conditions and bovine udder diseases in Norwegian dairy herds.
Acta. Agric. Scand., 32, 24-31.

BARNOUIN J., 1980.
Enquête Eco-pathologique continue en élevages-observatoires chez les ruminants: objectifs et stratégies.
Ann. Rech. Vet. 11, 341-350.

BARNOUIN J., 1985.
Conséquences des excès d'humidité en pathologie animale. Position du problème.
Séminaire d'Agro-météorologie INRA. Paris. (sous presse).

BARNOUIN J., BROCHART M., FAYET J.C., FAYE B., 1985.
Excès d'eau et mammites chez la vache laitière.
Séminaire d'Agro-météorologie INRA Paris (sous presse).

BARNOUIN J., FAYET J.C., BROCHART M., BOUVIER A., PACCARD P., 1983.
Enquête Eco-pathologique continue. 1. Hiérarchie de la pathologie observée en élevage bovin laitier.
Ann. Rech. Vet. 14(3), 243-249.

BARNOUIN J., FAYET J.C., JAY M., BROCHART M., FAYE B., 1986.
Enquête Eco-pathologique continue: facteurs de risques des mammites de la vache laitière. I. analyses multidimensionnelles sur données d'élevage.
Can. Vet. J., (sous presse).

BARNOUIN J., PACCARD P., FAYET J.C., BROCHART M., BOUVIER A., 1983.
Enquête Eco-pathologique continue: 2. Typologie d'élevages de vaches laitières à bonne et mauvaise fertilité.
Ann. Rech. Vet., 14 (3), 249-260.

BELJIN-KORAC V., KORAC V., 1974.
Relationships between cowshed floor and udder temperatures as a factor predisposing to mastitis.
Veterinaria, 23, 225-230.

BERGER G., 1979.
Effects of various methods during rearing of heifers on claw condition of cows. In litterless loose housing.
Monatshefte für Veterinarmedizin. 34 (15), 561-563.

BRAMLEY A.J., 1982.
Sources of Streptococcus uberis in the dairy herd. I. Isolation from bovine faeces and from straw bedding of cattle.
J. Dairy. Res., 49 (3), 369-373.

BRAMLEY A.J., HILLERTON J.E., HIGGS T.M., HOGBEN E.M., 1985.
The carriage of summer mastitis pathogen by muscid flies.
Brit. Vet. J., 141, 618-627.

BRANDER G.C., 1973.
Dairy herd environment and the control of mastitis.
Vet. Rec. 92 (19), 501-506.

BRATLIE O., 1975.
Persistence of udder infections in cows with staphylococcie and other bacteria from the environment.
Norsk. Vet. 87 (3), 184-187.

BROCHART M., 1982.
La première grande enquête épidemiologique sur les bovins. La vache et l'ordinateur.
In "Le monde" 17 mars 1982.

BROCHART M., BARNOUIN J., CHASSAGNE M., FAYE B., FAYET J.C., 1984b.
Vaches laitières: contribution des enquêtes écopathologiques à l'établissement des programmes sanitaires d'élevage.
In "Les entretiens de Bourgelat", Tome IV, 43-75.

BROCHART M., BARNOUIN J., FAYET J.C., 1984a.
Les mammites dans l'enquête Eco-pathologique continue en élevages observatoires.
Bull. GTV., 5, 7-23.

BROCHART M., FAYET J.C., 1981.
Milieu et pathologie podale des vaches laitières.
In "Milieu, pathologie et prévention chez les ruminants. INRA publ., 39-44.

BROCHART M., FAYET J.C., BARNOUIN J., 1982.
Climat et problèmes sanitaires.
In "Actions du climat sur l'animal au pâturage". Theix. Mars-Avril 1982. ED. INRA 159-168.

BROWN R.W., THOMAS J.L., COOK H.M., RILEY J.L., BOOTH G.D., 1977.
Effect of environmental temperature stress on intramammary infections of dairy cows and monitoring of body and intramammary temperatures by radiotelemetry.
Am.J. Vet. Res. 38 (2), 181-187.

CAROLL E.J., 1977.
Environmental factors in bovine mastitis.
J. Ann. Vet. Med. Assoc., 170 (10), 1143-1148.

CHASSAGNE Michèle., BROCHART M., 1985.
Facteurs de risque de la délivrance. Synthèse des observations dans deux élevages INRA.
Bull. Tech. CRZV. Theix. INRA. 62. (sous presse).

CHWOJNOWSKI A., DZIUBEK T., LUKASZEWSKA E., 1965.
Environmental conditions and care of hooves in relation to bovine foot diseases.
Polsk. Arch. Wet., 7 (1), 165-170.

COLLIER R.J., BEEDE D.K., THATCHER W.W., ISRAEL L.A., WILCOX C.J., 1982.
Influences of environment and its modification on dairy animal health and production.
J. Dairy Sci., 65, 2213-2227.

DOHOO I., MARTIN S.W., Mc MILLAN I., KENNEDY B.W., 1984.
Disease production and culling in Holstein-Friesian cows. II. Age, season and sire effects.
Prev. Vet. Med., 2, 655-670.

DORYNEK Z., KACZMAREK A., OLSZEWSKA G., 1980.
Observations on leg health of cows on a farm with loose housing.
Przeglad Hodowlany, 9, 13-14.

DUBOIS P.R., WILLIAMS D.J., 1980.
Increased incidence of retaired placenta associated with heat stress in dairy cows.
Theriogenology. 13 (2), 115-121.

EDDY R.G., SCOTT C.P., 1980.
Some observations on the incidence of lameness in dairy cattle in Somerset.
Vet. Rec., 106, 140-144.

EKESBO I., 1966.
Disease incidence in tied and loose housed dairy cattle.
Acta. Agric. Scand., 15, 1-74.

EMPEL W., KOZANECKI M., 1982.
Influence of different housing system on morbidity in a experimental dairy herd.
Proc. XII th Wld Cong. on Diseases of cattle, Netherlands. 638-642.

ERB H.N., MARTIN S.W., 1978.
Age breed and seasonal patterns in the occurence of ten dairy cow diseases. A case control study.
Can. J. Comp. Med., 42, 1-9.

EWBANK R., 1968.
An experimental demonstration of the surface cooling up in health of mamary gland.
Vet. Rec. 83, 685-686.

FAYE B., BARNOUIN J., 1985.
Objectivation de la propreté des vaches laitières et des stabulations. L'indice de propreté.
Bull. Tech. CRZV. Theix, INRA., 59, 61-67.

FAYE B., BROCHART M., 1986.
Enquête Eco-pathologique continue: 7. Approche épidémiologique des mammites post-partum chez la vache laitière. Etude descriptive et typologie des élevages.
Ann. Rech. Vet., (sous presse).

FAYE B., FAYET J.C., 1985.
Répartition temporelle des pathologies majeures en élevage bovin laitier.
Bull. Tech. CRZV. Theix. INRA. 60, 59-82.

FAYE B., FAYET J.C., 1986.
Enquête Eco-pathologique continue 11. Evolution des fréquences pathologiques en élevage bovin laitier en

fonction du stade de lactation.
Ann. Rech. Vet. (sous presse).

FAYE B., FAYET J.C., BROCHART M., BARNOUIN J., PACCARD P., 1986.
Enquête Eco-pathologique continue. 5. Mise en évidence des associations pathologiques en élevage bovin laitier. Données individuelles.
Ann. Rech. Vet. (sous presse).

FAYE B., FAYET J.C., GENEST M., CHASSAGNE Michèle., 1986.
Enquête Eco-pathologique continue: 10. Variations des fréquences pathologiques en élevage bovin laitier en fonction de la saison, de l'année et du numéro de lactation.
Ann. Rech. Vet. (sous presse).

FOSTIER B., TILLIE M., SOISSON J., 1983.
La santé des bovins en relation avec les batiments d'élevage et leurs équipements.
Journée ITEB. Nov. Dec. 1983. Ed. ITEB. Paris.

FRANCIS P.G., SUMMER J., JOYCE D.A., 1980.
The influence of the winter environment of the dairy cow on mastitis.
IIth Int. Cong. on diseases of cattle. Tel Aviv. Israël Association for Buiatries. 35-43.

GREENOUGH R., Mc CALLUM F.J., WEAVER A.D., 1983.
Facteurs favorisants les boiteries.
In "Les boiteries des bovins". Ed. Le Point Vétérinaire. 478 pp.

GROMMERS F.J., BRAAK A.E., ANTONISSE H.W., 1972.
Direct trauma of the mammary glands in dairy cattle. II. Variations in incidence due to housing variables.
Brit.Vet. J. 128 (4), 199-206.

GROOTENHUIS G., 1979.
On outbreak of Klebsiella pneumoniae mastitis.
Tijdschr. Diergeneesk, 104 (22), 888-889.

GROZA P., 1980.
Housing for dairy cows.
Cluj. Nopoca. Romania. 63-68.

HINRICHSEN J.K., BAHRINI S., SOLCH A., BUCHENAUER D., 1978.
The effect of housing system, breed and feeding on milk yields of cattle.
Wld. Rew. Anim. Prod., 14 (3), 59-63.

HOSTEK J., KRIZEK P., SYKORA J., 1978.
Control of mastitis and milk quality.
Veterinarstsvi, 28 (10), 447-448.

JACKSON G., 1981.
Environment and mastitis of periparturient cows: a study of 90 dairy herds. Proc. IV th Int. Symp on mastitis control.
Ed. Wisniovski. Poland. II, 515-524.

JANICKI G., BALUKIEWICZ A., 1980.
Genetic and environmental conditions of occurence of mastitis in cows.
Zootechnika, 28, 59-66.

JANZEN J.J., BISHOP J.R., BODINE A.B., CALDWELL C., JOHNSON D.W., 1982.
Composted dairy waste solids and crushed limestone as bedding in free stalls.
J. Dairy. Sci. 65 (6), 1025-1028.

JOHNSON M.D., VANJONACK W.J., 1975.
Effects of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals.
J. Dairy. Sci. 59 (9), 1603-1617.

KARLSSON V., GUSTAFSSON B., 1978.
Predisposing factors for cows stepping on their teats.
Svensk Veterinartidning. 30 (9), 367-372.

KELLER P., KONGAARD S.P., 1985.
Straw as bedding for dairy cows.
Beretning fra statens Husdyrbursforsog No 593. 90pp.

KIDDY C.A., 1977.
Variation in physical activity as an indication of oestrus in dairy cows.
J. Dairy Sci., 60 (2), 235-243.

KING J.O., 1972.
Mastitis as a production disease .
Vet. Rec., 91 (14), 325-330.

KOSKINIEMI K., 1982.
Observations on the incidence of teat injuries in different cowsheds.
Nord. Vet., 34, 13-19.

KUBICEK J., MEINECKE B., 1978.
Frequency and degree of severity of injuries to cows teats caused by treading in relation to the distance between the teat and the floor.
Zeitshrift für Tierzuchtung und Zuchtungsbiologie, 94, 312-318.

LAMB R.C., BARKER B.O., ANDERSON M.J., WALTERS J.L., 1979.
Effects of forced exercice of two year old Holstein Heifers.
J. Dairy Sci., 62, 1791-1797.

LARVOR P., BROCHART M., THERET M., 1961.
Enquête sur la fièvre vitulaire et la tétanie d'herbage des bovins en France.
In "Economie et Médecine Animales". 2 (1), 5-30.

LARVOR P., BROCHART M., THERET M., 1961.
Enquete sur la fièvre vitulaire et la tétanie d'herbage des bovins en France.
In "Economie et Médecines Animales", 2 (1), 5-30.

LE JEUNE H., 1983.
Paper as bedding: cheap and absorbant.
Hoard's dairyman. 128 (21), 1334.

LEONHARD-KLUZ I., KAMINSKA B., CIESLAR P., ZYWCZOK H., PACEK R., 1980.
Observations on incidence of mastitis in cows in cowsheds with and without bedding.
Roczniki Naukowe Zootechniki, 7, 327-339.

MARKUSFELD O., 1984.
Factors responsible for post-pasturient metritis in dairy cattle.
Vet. Rec., 114, 539-542.

MARTEL J.L., 1984.
Rôle de l'eau dans certaines infections animales.
Bull. GTV No 4. 53-59.

MARTENS M., RAYSSIGUIER Y., 1979.
Magnesium metabolism and hypomagnesemia.
In "Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants MTP Press. Ed. Gde Bretagne. 447-466.

MARTINEZ J., THIBIER M., 1984.
Reproductive disorders in dairy cattle. I. Respective influence of herds, seasons, milk yield and parity.
Theriogenology, 21 (4), 569-590.

MATON A., 1982.
Mesures for preventing mastitis.
Elevage Bovin. 119, 47-51.

MATON A., MOOR A., 1975.
Relationships between housing conditions, behaviour patterns and injuries in dairy cattle.
Vlaams Diergeneeskundig Tijdschript. 44 (1), 1-18.

MELHORN G., GERICWE A., BEER K., 1981.
Effect of climatic components on udder health in cows.
Proc. of IV th int. Symp. on mastitis control. Ed. Wisniowski, Poland.

MOODY E.G., VAN SOEST P.J., Mc DOWELL R.E., FORD G.L., 1967.
Effect of high temperature and dietary fat on performance of lactating cows.
J. Dairy. Sci., 50, 1909-1916.

Mc LARTY R.M., 1981.
Recovery of bacteria from cows'teats.
Techn. Series. Soc. Appl. Bact., 16, 171-176.

NASI M., SALONIEMI H., 1981.
Effect of environmental change on injuries of udder and legs in dairy cows.
Nord. Vet. Med., 33, 185-193.

NASI M., SALONIEMI H., 1981.
Effect of environmental change on injuries of udder and legs in dairy cows.
Nordisk. Veterinaemedicin, 33, 185-193.

NATZKE R.P., LECLAIR B.J., 1976.
Coliform contamined bedding and new infections.
J. Dairy Sci., 59 (12), 2152-2154.

NYGAARD A., 1976.
Preliminary trials with environmental cards .
Norsk. Vet., 88 (9), 552-553.

PACCARD P., 1981.
Milieu et reproduction chez la femelle bovine.
In "Milieu, pathologie et prévention chez les ruminants", INRA Publ., 147-163.

PENNINGTON J.A., ALBRIGHT J.L., DIEKMAN M.A., CALLAHAN C.J., 1985.
Sexual activity of Holstein cows. Seasonal effects.
J. Dairy Sci., 68, 3023-3030.

PETTERSEN K.E., 1981.
Environmental factors and teat trampling among dairy cows.
Thesis, Norges Veterinaer hoegskole Norway. 17 pp.

POLKOWSKI K., KLOSSOWSKA A., LESIAK M., WISNIOWSKI J., 1981.
Dry cow therapy in the control of mastitis in large herds a field trial.
Proc. of IV Int. Symp. on Mastitis control. Ed. Visniowski J. Poland.

RABOLD K., PICHLER O., 1980.
Some environmental influences on mastitis of cows herds in South Germany.
Proc. of International Workshop on machine milking and mastitis. Moorepark. Ed. O'Shea J. Irih Republic.

RAYSSIGUIER Y., DEMIGNE C., REMESY C., 1981.
Milieu et maladies métaboliques.
In "Milieu, pathologie et prévention chez les ruminants". INRA publ., 175-183.

RENDOX J.J., EBERMART R.J., KESLER E.M., 1975.
Microbial populations of teat ends of dairy cows and bedding materials.
J. Dairy Sci., 58 (10), 1492-1500.

ROBINSON T.C., JACKSON E.R., MARR A., 1985.
Factors involved in the epidemiology and control of streptococcus uberis and coliform mastitis.
Brit. Vet. J. 141, 635-642.

RODRIQUEZ L.A., MEKONNEN G., WILCOX C.J., MARTIN F.G., KRIENKE W.A., 1985.
Effects of relative humidity maximum and minimum temperature, pregnancy and stage of lactation on milk composition and yield.
J. Dairy. Sci., 68, 973-978.

ROINE J., SALONIEMI H., 1978.
Incidence of some diseases in connection with parturition in dairy cows.
Acta. Vet. Scand., 19, 341-353.

ROWLANDS G.J., RUSSEL A.M., WILLIAMS L.A., 1985.
Effects of stage of lactations, month, age, origin and heart girth on lameness in dairy cattle.
Vet. Rec., 117, 576-580.

ROWLANDS G.T., RUSSEL A.M., WILLIAMS L.A., 1983.
Effects of season herd size, management system and Vet. practice on the lameness incidence in dairy cattle.
Vet. Rec. 113, 441-445.

SEABROOK M.F., 1983.
The interaction between the personnality and behaviour of the stockman and the behaviour and performance of dairy cows.
Europ. Assoc. for Anim. Prod. Oct 1983. Madrid. 9 p.

SERBAN A., SIRBU M., 1980.
Housing for dairy cows.
Cluj. Napoca, Romania, 63-68.

SERIEYS F., 1985.
Conditions de logement et infections mammaires.
Rec. Med. Vet. 161, 519-528.

SEYKORA A.J., Mc DANIEL B.T., 1985.
Udder and teat morphology related to mastitis Resistance: A review.
J. Dairy Sci., 68, 2087-2093.

SIMENSEN E., 1974.
The relationships between weather and incidence of parturient paresis and mastitis in dairy cows.
Nord. Vet. Med., 26 (6), 382-386.

SIMENSEN E., SLAGSVOLD P., 1975.
Influence of climatic factors on disease incidence in dairy cows.
In "Progress in animal hygiene", Akademiai Kiado., Hungary, 159-165.

SPECKER R., 1978.
Pathogenesis of environment associated diseases of cattle with reference to biometeorology.
Thesis, Fachbereich Tiermedizin, Ludwig Maximilian Universitat, Munich.

SUMNER J., 1981.
Housing System and mastitis.
In "Mastitis control and herd management. Technical Bulletin 4. NIRD. Reading. 223-236.

THAMLING C.H., 1980.
Loose-housed cows are better.
Milch praxis, 18 (4), 142-145.

THIN R., 1985.
L'abreuvement chez les bovins.
Bull. GTV No 2. 63-73.

THOMPSON G.E., 1973.
Review of the progress of dairy science climatic physiology of cattle.
J. Dairy. Res., 40, 441-473.

TOLLE A., 1982.
Subclinical bovine coccal mastitis. A review.
Zentr. für Vet. 29 (5), 329-358.

TOLLE A., 1984.
Mammite et médecine vétérinaire préventive.
Pro Veterinario, 4, 13-16.

VASIL M., 1980.
Study of some microclimatic indices in large capacity cowsheds in relation to mastitis incidence in milk cows.
Vet. Med., 25 (6), 321-328.

WALSER K., BIEBER E., DANNERBECK G., GROOPER M., HROPOT M., LANKENFELD H.,, 1972.
Clinical contribution to the Knowledge of acute mastitis in cows. III. Influence of climate.
Berliner Tieraztliche Wochenschipt. 85 (17), 330-333.

WEBSTER A.J.F., 1981.
Weather and infectious disease in cattle.
Vet. Rec. 108, 183-187.

WIBBELER V., 1976.
Relationships between diseases and production criteria and between diseases and environmental influences.
In Black Pied and red Pied cows. Thesis, Tieraztliche Hochschule, Hanover, GFR, 70 pp.

WRAY C., 1975.
Survivance des microorganismes responsables des mammites dans le milieu extérieur.
Vét. Bull., 45 (8).

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1986 (64) 21-23

Utilisation du tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates par le veau sevré précocement

R. GUILHERMET, R. TOULLEC et L. LE HENAFF
avec la collaboration de H. FLAGEUL et Michèle FORMAL

INRA, Laboratoire du jeune Ruminant
65, rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex

Le tourteau de colza est susceptible d'être incorporé dans les aliments concentrés pour ruminants. Il est cependant peu utilisé en France, du fait d'une mauvaise réputation due à sa teneur généralement forte en glucosinolates, dont les produits de dégradation (isothiocyanates, vinylthiooxazolidone, nitriles et thiocyanates) ont des effets défavorables sur la croissance et l'appétit des animaux à cause de leur activité antithyroïdienne et de leur caractère irritant (voir revue de BELL, 1984).

Le toastage permet l'élimination partielle des glucosinolates, ce qui améliore sensiblement l'appétibilité, sans supprimer totalement l'activité antithyroïdienne (BERANGER et GRENET, 1969 ; THERIEZ *et al.*, 1971 ; GUILHERMET *et al.*, 1977). La mise au point en 1983 de variétés françaises à basse teneur en glucosinolates appelées double zéro (00) parce qu'elles sont également pauvres en acide érucique, a permis d'accroître le taux d'incorporation du tourteau de colza dans la ration des monogastriques (BOURDON, 1983 ; CHONE, 1985) ; au Canada, des variétés 00 ont aussi été testées chez les ruminants (THOMKE, 1980), mais en France aucune étude n'a été réalisée avec ce type de tourteau distribué dès le plus jeune âge aux veaux sevrés précocement. Le but de ce travail est de comparer 2 tourteaux de colza toastés, l'un issu de la variété Tandem (00), l'autre de la variété Jet Neuf (qualifiée de 0 parce que pauvre seulement en acide érucique), incorporés dans des aliments concentrés distribués à des veaux Holsteins sevrés précocement, le tourteau de soja étant pris comme référence. L'effet sur la prise alimentaire et la croissance d'une part, et sur l'utilisation digestive et la rétention de l'azote d'autre part, a été étudié au cours de 2 essais.

I. Conditions expérimentales

Essai 1. Etude des quantités ingérées et de la croissance

Trente-neuf veaux mâles Holsteins, nés à l'INRA de Rennes, ont été répartis en 3 lots (soja, colza 0 et colza 00) de 13 animaux sur la base du poids vif à la naissance ; ils ont été placés en cases individuelles sur aire paillée et ont été utilisés jusqu'à l'âge de 84 jours. Tous les veaux ont reçu un lait de remplacement (au total 30 kg de matière sèche), distribué jusqu'à la fin de la 6ème semaine. Dès l'âge de 2 jours, les animaux de chacun des 3 lots ont reçu à volonté, du foin et un aliment concentré à base de céréales associées à un complément protéique (tabl. 1) constitué par :

- du tourteau de soja à 50 p.100 de MAT (lot soja),
- du tourteau de colza Jet Neuf, contenant 58 µmoles de glucosinolates par g (lot colza 0),
- du tourteau de colza Tandem, contenant 36µmoles de glucosinolates par g (lot colza 00).

TABLEAU 1

Composition des aliments (p.100)

Aliments	Soja	Colza 0	Colza 00	Foin
Maïs	5	19	19	
Orge	68	50	50	
Soja	11,5	–	–	
Colza 0	–	20	–	
Colza 00	–	–	20	
Luzerne déshydratée	7,5	4	4	
Mélasse	4	3	3	
CMV	4	4	4	
UFV/kg MS	0,83	0,81	0,82	0,58
MAT (g/kg MS)	160	158	156	82
PDIN (g/kg MS)	127	124	122	78
PDIE (g/kg MS)	130	125	122	79

Les tourteaux toastés issus des variétés de colza non 00 contiennent habituellement de 125 à 207 µmoles de glucosinola-

tes par g (BOURDON, 1986). Le lot de tourteau Jet Neuf que nous avons utilisé était donc particulier ; il était probablement issu d'un lot de graines pauvres en glucosinolates et avait dû subir un toastage très efficace.

Les quantités de matière sèche d'aliments distribués et refusés ont été mesurées chaque jour ; les animaux ont été pesés chaque semaine. Des prélèvements de sang jugulaire ont été effectués à 3 et 12 semaines d'âge, à 9 h, pour déterminer les teneurs plasmatiques en urée, cholestérol et hormones thyroïdiennes. Par ailleurs, dans le cadre d'une autre étude, du jus de rumen a été prélevé trois fois par semaine, par intubation, chez les veaux du lot soja.

Essai 2. Etude de la digestibilité et de la rétention azotée

A l'issue de l'essai précédent, c'est à dire au début de la 13ème semaine d'âge, 6 veaux de chacun des trois lots ont été placés en cage à bilans durant 2 semaines. Pendant cette période, les animaux ont continué à recevoir leur régime expérimental, mais la ration a été limitée à 82 g d'aliment par kg de poids métabolique ($P^{0,75}$), l'aliment concentré et le foin représentant respectivement 82 et 18 p.100 du régime. Cette période a comporté 9 j d'adaptation suivis de 5 j de récolte des fèces et de l'urine.

II. Résultats et discussion

Les meilleurs niveaux d'ingestion et de croissance ont été obtenus avec les tourteaux de colza.

Trois veaux (2 du lot soja et 1 du lot colza 0) ont eu des performances très faibles et ont été éliminés. Les animaux des lots colza 0 et surtout colza 00 ont eu tendance à consommer davantage d'aliment concentré et de foin tout au long de l'essai (tabl. 2), mais le niveau d'ingestion obtenu avec le régime soja pourrait avoir été altéré par les intubations réalisées au cours de l'essai. Les animaux des lots colza ont également consommé davantage de PDI et d'énergie, surtout après le sevrage (ainsi, les veaux des lots colza 0 et colza 00 ont ingéré respectivement 13 et 6 p.100 d'UFV de plus que ceux du lot soja). Cependant, aucune de ces différences n'a été significative. De même, la croissance a eu tendance à être plus élevée chez les veaux des lots colza avant le sevrage (en moyenne de 13 p.100), mais les différences n'ont pas été significatives et elles n'ont plus été observées après le sevrage (tabl. 3). En conséquence, l'indice de consommation, légèrement plus faible avec les régimes colza avant le sevrage, a été plus satisfaisant par la suite avec le régime soja (NS). Cette absence d'effet néfaste des tourteaux de colza que nous avons utilisés, sur les performances zootechniques des veaux, est probablement due à leur faible teneur en glucosinolates, comme l'ont observé CLAYPOOL *et al.* (1985).

Les tourteaux de colza n'ont pas eu d'effet notable sur les taux plasmatiques d'hormones thyroïdiennes.

Les concentrations plasmatiques de thyroxine et de triiodothyronine n'ont pas été significativement influencées par le régime, bien qu'elles aient été légèrement plus faibles avec les deux régimes colza (tabl. 4). Ceci s'accorde avec les résultats obtenus par CLAYPOOL *et al.* (1985), avec un tourteau issu de la variété Tower titrant seulement 32 µmoles de glucosinolates par g. En revanche, une diminution de la teneur en hormones thyroïdiennes a été observée chez le veau (GUILHERMET *et al.*, 1977) et la vache (PAPAS *et al.*, 1978) avec des tourteaux classiques à teneur élevée en glucosinolates. La concentration de cholestérol total a été significativement plus élevée chez les veaux du lot colza 00 que chez ceux des 2 autres lots ; cela pourrait indiquer une légère hypothyroïdie. Ce résultat est surprenant puisque le colza 00 contenait moins de glucosinolates que le colza 0 ; il pourrait s'expliquer par le fait que les veaux du lot colza 00 avaient déjà un taux de cholestérol un peu plus élevé à 3 semaines. Les teneurs en urée du plasma ont été significativement moins élevées à 12 semaines avec les 2 régimes colza. Cette différence pourrait provenir d'une plus grande dégradation des protéines du régime soja dans le rumen. Cependant, elle pourrait aussi traduire une meilleure utilisation métabolique de l'azote des régimes colza, consécutive à un équilibre en acides aminés plus satisfaisant (PION, 1981).

TABLEAU 2

Quantités consommées

(moyennes et écarts - types des échantillons)

Régime	Soja	Colza 0	Colza 00
MS ingérée (g/j)			
de 0 à 42 j			
– aliment d'allaitement	714 (164)	736 (188)	719 (198)
– aliment concentré	136 (74)	163 (96)	180 (59)
– foin	39 (19)	55 (31)	50 (24)
de 43 à 84 j			
– aliment concentré	1938 (287)	2073 (350)	2212 (267)
– foin	217 (79)	267 (116)	264 (119)
PDI ingérées (g/j)			
de 0 à 42 j	176 (10)	186 (12)	183 (7)
de 43 à 84 j	263 (40)	278 (43)	290 (37)
UFV ingérées (/j)			
de 0 à 42 j	1,42 (0,06)	1,48 (0,08)	1,47 (0,05)
de 42 à 84 j	1,73 (0,27)	1,84 (0,29)	1,96 (0,25)

La digestibilité et la rétention de l'azote n'ont pas été influencées par la nature du tourteau.

La digestibilité apparente de la matière sèche, de la matière organique et des matières azotées n'a pas été significativement influencée par la nature du régime. Ainsi, les valeurs observées pour l'azote ont été respectivement de 0,73 ± 0,07, 0,71 ± 0,02 et 0,73 ± 0,03 avec les régimes soja, colza 0 et colza 00. Ces résultats s'accordent avec ceux obtenus par SCHINGOETHE *et al.* (1974), avec un tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates. Au contraire, des effets dépressifs sur la digestibilité de

l'azote ont été observés avec des tourteaux classiques (SHARMA *et al.*, 1980). Les quantités d'azote retenu ont été de 24 ± 8, 24 ± 4 et 28 ± 4 g/j et les coefficients de rétention apparente de l'azote de 47 ± 10, 50 ± 4 et 53 ± 6 p.100, respectivement avec les régimes soja, colza 0 et colza 00 ; bien que ces différences n'aient pas été significatives, elles s'accordent avec les taux d'urée plasmatique plus faibles observés à la fin de l'essai chez les veaux des lots colza.

TABLEAU 3

Poids vif, gain de poids vif et indice de consommation
(moyennes et écarts - types des échantillons)

Régime	Soja	Colza 0	Colza 00
Poids vif (kg)			
à la naissance	43,8 (6,1)	44,5 (7,9)	44,5 (7,2)
à 42 j	65,9 (6,4)	69,7 (10,1)	69,6 (9,2)
à 84 j	106,0 (6,2)	108,7 (13,5)	111,1 (10,8)
Gain de poids vif (g/j)			
de 0 à 42 j	526 (85)	599 (109)	596 (86)
de 43 à 48 j	956 (118)	930 (121)	989 (117)
Indice de consommation*			
de 0 à 42 j	1,72 (0,24)	1,63 (0,33)	1,62 (0,25)
de 43 à 84 j	2,27 (0,33)	2,51 (0,57)	2,51 (0,30)

* Matière sèche ingérée (kg)/ gain de poids (kg)

TABLEAU 4

Teneurs plasmatiques en urée (mg / 100 ml), *thyroxine (T4)* (ng / ml) *triiodothyronine (T3)* (ng / ml) *et cholestérol* (mg / 100 ml) *à 3 et 12 semaines d'âge*

(moyennes et écarts - types des échantillons)

	Age Semaines	Régime Soja	Colza 0	Colza 00
Urée	3	19,3 (3,6)	18,0 (7,3)	18,4 (8,2)
	12	19,2 (3,2)^{b}	13,4^{a} (2,5)	14,1^{a} (2,7)
T4	3	82 (5)	75 (19)	83 (15)
	12	89 (4)	81 (10)	83 (17)
T3	3	2,0 (0,3)	2,0 (0,5)	2,1 (0,5)
	12	2,1 (0,4)	1,9 (0,5)	1,9 (0,4)
Cholestérol	3	92 (12)	89 (15)	100 (35)
	12	63^{a} (9)	60^{a} (7)	76^{b} (12)

a, b : les lettres différentes sur une même ligne indiquent des différences significatives ($P < 0,05$)

III. Conclusion

Les deux tourteaux de colza que nous avons utilisés, n'ont pas eu d'effet néfaste sur l'appétit, la croissance, l'efficacité alimentaire, la digestibilité et le bilan de l'azote.. Cela a vraisemblablement été dû au fait qu'ils étaient pauvres en glucosinolates, comme le montre leur faible influence sur les taux circulants d'hormones thyroïdiennes. Ces résultats permettent d'envisager l'emploi des tourteaux de colza toastés, issus des variétés 00, telles que Tandem, à un taux d'incorporation de 20 p.100 dans l'aliment concentré de sevrage. Certains tourteaux issus des variétés non 00 pourraient aussi être utilisés, à condition qu'ils proviennent de lots de graines à teneur modérée en glucosinolates et qu'ils soient toastés efficacement, de manière à contenir finalement moins de 60 µmoles de glucosinolates par g ; cependant, ce type de tourteau est peu répandu.

Références bibliographiques

BELL J.M., 1984. Nutrients and toxicants in rapeseed meal : a review. *J. anim. Sci.*, **58,** 996-1010.

BERANGER C., GRENET N., 1969. Le tourteau de colza dans l'alimentation animale. 1. Influence de divers procédés de fabrication sur les quantités ingérées par les bovins en croissance. *Ann. Zootech.*, **18,** 239-247.

BOURDON D., 1983. La nouvelle génération de tourteaux de colza à basse teneur en glucosinolates (BTG) (00) dépelliculés. Perspectives d'utilisation accrue pour le porc à l'engrais. *Rev. Aliment. anim.*, **368,** 37-41.

BOURDON D., 1986. Valeur nutritive des nouveaux tourteaux et graines entières de colza à basse teneur en glucosinolates pour le porc à l'engrais. *Journ. Rech. porc. Fr.*, **18,** 13-28.

CHONE E., 1985. Comment la technologie peut améliorer la qualité de tourteaux. BTI, **397-398,** 125-129.

CLAYPOOL D.W., HOFFMAN C.M., OLDFIELD J.E., ADAMS H.P., 1985. Canola meal, cotton seed and soyabean meal as protein supplements for calves. *J. Dairy Sci.*, **68,** 67-70.

GUILHERMET R., GRONGNET J.F., BELLEC J., 1977. Utilisation comparée des tourteaux de soja, de colza toasté et de colza toasté traité au formol par le veau ruminant. *Sci. agron. Rennes,* 83-92.

PAPAS A., INGALLS J.R., CANSFIELD P., 1978. Effects of Tower and 1821 rapeseed meals and Tower gums on milk yield, milk composition and blood parameters of lactating dairy cows. *Can. J. anim. Sci.*, **58,** 671-679.

PION R., 1981. Les protéines des graines et des tourteaux. In *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants.* Ed. INRA publications, route de St-Cyr, 78000 Versailles, 259-264.

SCHINGOETHE D.J., BEARSLEY G.L., MELLER L.D., 1974. Evaluation of commercial rapeseed meal and Broonowski variety rapeseed meal in calf rations. *J. Nutr.*, **104,** 358-362.

SHARMA H.R., INGALLS J.R., DEVLINT T.J., 1980. Apparent digestibility of Tower and Candle rapeseed meals by Holstein bull calves. *Can. J. anim. Sci.*, **60,** 915-918.

THERIEZ M., GRENET N., MOLENAT G., 1971. Le tourteau de colza dans l'alimentation animale. IV. Etude comparée de l'appétibilité et de la valeur alimentaire des tourteaux de colza et de lin pour l'agneau à l'engraissement et la brebis gestante ; effets sur la glande thyroïde. *Ann. Zootech.*, **20,** 451-453.

THOMKE S., 1980. Review of rapeseed meal in animal nutrition : ruminant animals. *J. am. Oil Chem. Soc.*, **58,** 805-810.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1986 (64) 25-35

Pâturage pour vaches laitières

1. Comparaison des systèmes de pâturage « rationné » et « tournant simplifié » en zone normande

A. HODEN*, A. MULLER**, M. JOURNET* et P. FAVERDIN*
avec la collaboration de J.R. PECCATTE** et M. FARGETTON**

** INRA St-Gilles, Station de Recherches sur la Vache laitière, 35590 L'Hermitage*
*** INRA, Domaine du Pin au Haras, 61310 Exmes*

Les systèmes de pâturage, utilisés pour les vaches laitières, se caractérisent souvent par un nombre élevé de parcelles et des possibilités de subdivision permettant d'offrir quotidiennement aux animaux une nouvelle surface d'herbe à consommer. La meilleure illustration en est donnée par le système de pâturage « rationné » avec l'avancement de la clôture lors de chaque traite et l'emploi éventuel d'un fil arrière. D'autres systèmes comportant pratiquement autant de petites parcelles que de jours d'un cycle de pâturage en sont aussi des exemples.

Ces techniques de pâturage nécessitent en premier lieu des aménagements d'un coût non négligeable au niveau des parcelles (clôtures, abreuvement...). Elles entraînent aussi des inconvénients pour la conduite même du pâturage : main d'œuvre importante, fort chargement instantané en particulier en début de parcelle, difficultés de déplacement de certains matériels (distributeurs d'engrais, machines de récolte), pertes de terrain en couloirs d'accès ou pour l'abreuvement, défoncement des accès surtout en période humide...

Face à ces méthodes contraignantes, sont apparus des sytèmes beaucoup plus « simplifiés » allant à l'extrême jusqu'à l'utilisation d'une seule grande parcelle (pâturage intensif libre). Ces techniques se sont surtout développées sous l'impulsion de certaines firmes commerciales (engrais, concentrés) dans les pays à climat humide permettant une croissance soutenue de l'herbe sous l'effet d'une fumure azotée importante (LEMAIRE et SALETTE, 1981). Mais cette méthode de pâturage entraîne une modification de la physiologie du végétal, par suite du rythme accéléré de défoliation (GILLET, 1980).

Diverses comparaisons portant sur ces différents systèmes de pâturage ont été réalisées dans plusieurs pays de l'Europe du Nord (PFLIMLIN, 1980 ; LE DU, 1980 ; revues de JOURNET et DEMARQUILLY, 1979 ; et de LEAVER, 1985) mais avec généralement des fumures azotées très élevées ($\geqslant$350 N). Des observations ont aussi été menées en France sur les méthodes de conduite des vaches laitières au pâturage par l'INRA et les organismes de Développement (JEANNIN *et al.*, 1981 ; LEBRUN *et al.*, 1981 ; HINAULT et PFLIMLIN, 1981 ; KEROUANTON, 1975 ; WEISS, 1985).

Cependant, peu de comparaisons strictes mettant en jeu simultanément des systèmes de pâturage « rationné » et « simplifié » ont jusqu'ici été conduites en France. C'est la raison pour laquelle ce thème a été retenu à l'INRA au Pin au Haras en Normandie lors de la création du troupeau de vaches laitières en 1981. L'objectif des 2 premières années d'expérimentation (1982 et 1983) a été de comparer un système de pâturage « tournant simplifié » sur 2 parcelles au printemps, à un système « témoin rationné » comportant 2 à 4 fois plus de parcelles selon les années. Dans ce dernier cas, le rationnement de l'herbe a été biquotidien et les comparaisons ont été réalisées à un même chargement estimé « optimum » pour les conditions du Pin. Nous présentons ici les résultats de ces 2 premières années d'essai.

I. Conditions expérimentales

1. Traitements expérimentaux

Au Domaine INRA du Pin au Haras (Orne), constitué essentiellement de prairies permanentes, il est classique d'utiliser depuis de nombreuses années un système de pâturage « rationné » sans fil arrière pour les troupeaux de vaches laitières. Le nombre de parcelles utilisé varie généralement de 4 au printemps à environ 8 en fin de saison par l'introduction de surfaces additionnelles d'abord récoltées (ensilage surtout). Le chargement « optimum » adopté est d'environ 5 vaches / ha à la mise à l'herbe puis est progressivement réduit au cours de la saison pour n'être plus que de moitié à l'automne. Le temps de

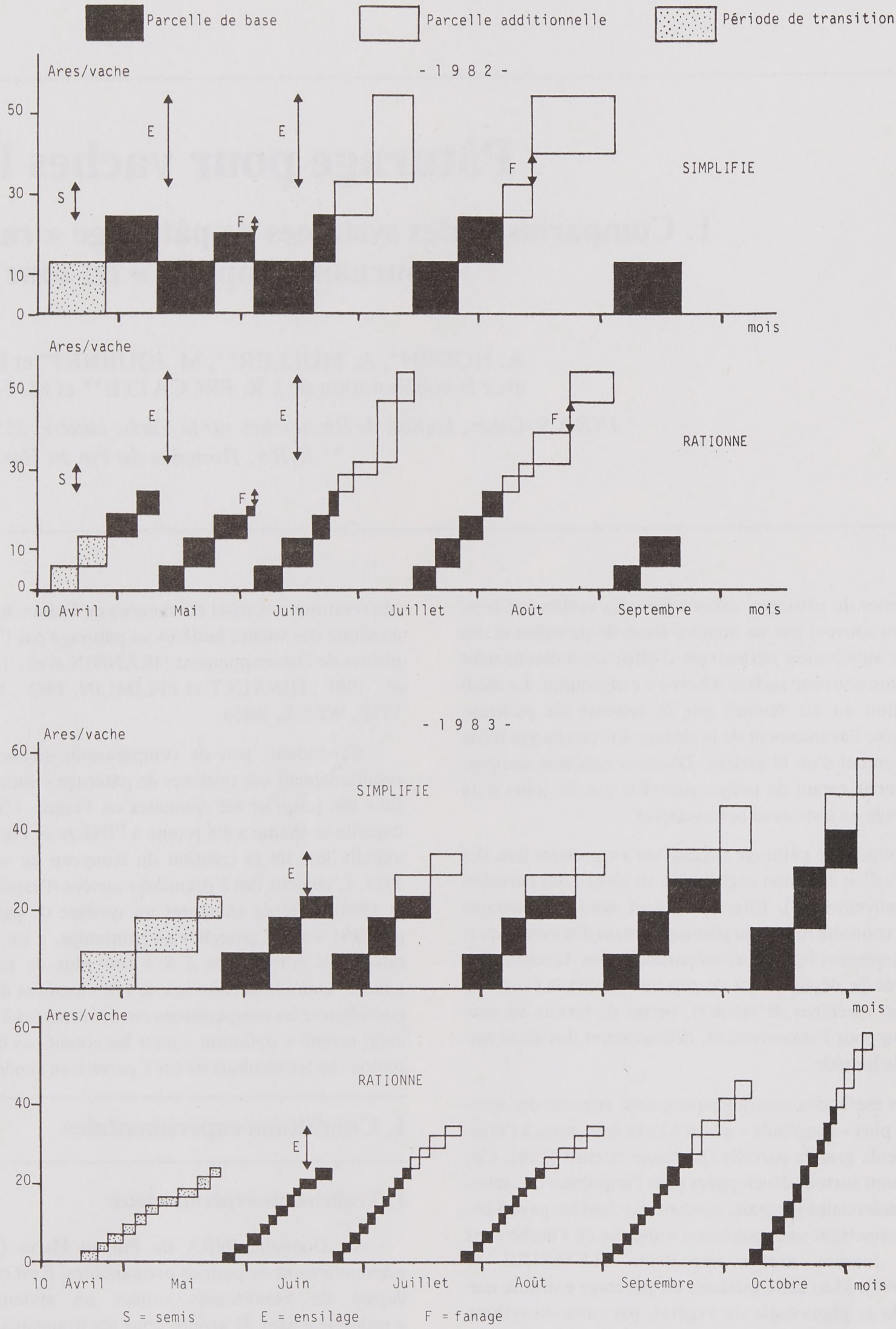

FIG. 1 : *Déroulement du pâturage selon les systèmes*

TABLEAU 1

Performances individuelles journalières

Année	1982		1983	
Systèmes de pâturage	RATIONNE	SIMPLIFIE	RATIONNE	SIMPLIFIE
Mise en lots				
- effectifs	30		48	
dont primipares (p. 100)	90		58	
- stade lactation (jours)	123 ± 36		103 ± 51	
- lait (kg)	18,9 ± 4,5		19,9 ± 3,9	
- lait 4 p. 100 (kg)	19,2 ± 4,6		20,0 ± 4,0	
- taux butyreux (g p. 1 000)	41,0 ± 4,7		40,6 ± 5,6	
- taux protéines (g p. 1 000)	31,1 ± 2,4		28,7 ± 2,3	
- poids vif (kg)	619 ± 63		613 ± 63	
Période expérimentale				
- effectif pondéré par lot	15,0		21,1	
- durée (semaines)	22		28	
	ETR		ETR	
- lait (kg) (1)	14,9	1,3** 16,1	15,5	2,2 15,4
- lait 4 p. 100 (kg) (1)	14,7	1,5 15,7	15,3	2,3 15,3
- taux butyreux (g p. 1 000) (1)	40,1	3,8 38,4	39,5	3,3 40,0
- taux protéines (g p. 1 000) (1)	31,7	1,2 31,8	31,1	1,7 31,5
- persistance mensuelle (p. 100)*	84,7	88,1	89,2	87,4
- poids vif (kg) :				
. moyen	594	591	589	594
. fin - début	46	32	5 (n=14)	12
- aliment concentré (kg)	1,4	1,4	1,2	1,2
- stade gestation (fin) (j)	213 ± 36	187 ± 38	199 ± 54	217 ± 48
	(n=13)		(n=17)	

(1) Valeurs ajustées par analyse de covariance à partir des performances observées lors de la mise en lots (covariable).

* Calculée par régression linéaire. ETR : écart type résiduel.

séjour par parcelle est de près d'une semaine au printemps et d'environ 4 jours en fin de saison, l'âge de l'herbe variant simultanément de 25 à 35 jours. Un nouveau repas d'herbe est offert 2 fois par jour, après chaque traite, par déplacement du fil avant dans la parcelle.

Par rapport à ce système « témoin rationné », nous avons comparé à même niveau de chargement une technique de pâturage « tournant simplifié » ne comportant en principe que 2 parcelles au printemps et 4 en fin de saison. La totalité de chacune des parcelles est offerte en une seule fois aux animaux et les changements de parcelles sont effectués dans ce système, à chaque fois que les animaux du système rationné ont pâturé une surface identique.

Les systèmes de pâturage comparés se différencient ainsi non seulement par la technique de pâturage (rationné ou tournant) mais aussi par le temps de séjour des animaux sur une même parcelle qui est au moins 2 fois plus long dans le système simplifié (2 à 4 fois moins de parcelles que dans le système rationné). Ceci a des conséquences directes sur la valeur nutritive de l'herbe qui est plus jeune et sur les quantités offertes aux animaux qui sont plus faibles dans le système simplifié à l'entrée dans les parcelles puisque le temps de repos est nécessairement plus court. En revanche, les vaches disposent dans ce cas d'une pousse non négligeable de l'herbe durant leur temps de séjour.

L'essai mis en place en 1982 a été répété l'année suivante, en doublant cependant le nombre de parcelles du système « rationné » de façon à se rapprocher plus de la pratique courante (technique des « paddocks bretons », par exemple - KEROUANTON, 1975). Ceci avait également pour but de mieux différencier les traitements en limitant à 4 jours au maximum le temps de séjour des animaux dans chaque parcelle du système rationné (fig. 1 ; tabl. 3).

2. Conduite du pâturage

Sur l'ensemble de la saison et de façon à obtenir le même chargement entre les 2 systèmes, les changements de parcelles s'effectuent dans le système simplifié, à chaque fois que 2 parcelles du lot rationné sont pâturées en 1982 et toutes les 4 parcelles en 1983. Les cycles de pâturage ont donc toujours eu la même durée dans les 2 systèmes. De même, les fauches d'excédents fourragers, au printemps notamment, se sont toujours situées à des dates identiques (fig. 1) et les surfaces additionnelles sont entrées par la suite dans les mêmes proportions pour chacun des systèmes.

3. Constitution des lots expérimentaux

Deux lots de 20 et 24 vaches ont été formés en 1982 et 1983 au sein du troupeau expérimental (Pie-noir et Normand) en cours de constitution. Ceci explique la forte proportion de primipares (70 p.100) utilisées et le niveau de production relativement faible lors de la mise à l'herbe. La mise en lots a été faite sur les critères habituels d'appariement (production et composition du lait, âge, stade de lactation, poids vif...) à l'issue d'une période préexpérimentale de 2 (1982) ou 3 (1983) semaines durant laquelle tous les animaux étaient dans les mêmes conditions de milieu (régime alimentaire, logement...). Les valeurs moyennes d'appariement sont rapportées au tableau 1. Le stade de gestation dont il n'était pas possible de tenir compte à la mise en lots s'est trouvé être différent de 26 jours en 1982 et de 18 jours en 1983 entre les 2 lots.

4. Schéma expérimental, complémentation

La période expérimentale d'une durée de 22 semaines en 1982 et de 28 en 1983 s'est située du premier jour de sortie à l'herbe à la date de rentrée à l'étable. Le pâturage à temps complet a commencé 2 semaines après la mise à l'herbe la 1ère année et 5 semaines après la 2e année (1er cycle complet), compte tenu des conditions climatiques défavorables (fig. 2). En 1982, la période expérimentale a dû être écourtée à partir de la mi-septembre en raison du drainage d'une partie de la surface expérimentale.

Le niveau d'apport de concentré (120 PDI / UFL) à chaque animal a été déterminé une fois pour toutes pour l'ensemble de la période expérimentale lors de la mise en lots. La complémentation retenue a été alors de 1 kg de concentré par tranche de 3 kg de lait au-dessus de 23 kg pour les multipares et de 20 kg pour les primipares.

5. Conditions de milieu - Fertilisation

Les sols du Domaine INRA au Pin au Haras, situé à la pointe Sud du Pays d'Auge, sont de type limono (> 50 p.100) -argileux (25 p.100) ; ils sont acides (pH 5,5 à 6,0) et sont sensibles à l'excès d'eau comme à la sécheresse. Un programme de drainage a été mis en place au niveau du domaine et nous avons pu profiter de cet aménagement à partir de la 2e année sur une partie de la surface de base.

La pluviométrie est relativement bien répartie sur toute l'année (705 mm en 145 jours sur 20 ans) avec cependant des maxima en automne (octobre-novembre) et au printemps (février et mai).

Une analyse floristique des prairies permanentes de la surface de base a été réalisée au démarrage des essais (D. LECONTE). Ces parcelles sont principalement constituées de paturin commun (25 p.100), de ray-grass anglais (21 p.100), d'agrostis (20 p.100), de houlque laineuse (15 p.100) et de fléole (5 p.100). La fertilisation et le drainage devraient à l'avenir améliorer la flore de cet ensemble de prairies (accroissement de la proportion de ray-grass anglais). La prairie temporaire utilisée en surface additionnelle, uniquement la 1ère année, était à base de ray-grass hybride (variété Augusta) implanté pour partie en 1980 (automne) et pour le reste en 1982 (printemps).

La fertilisation azotée pratiquée en 5 apports annuels est de l'ordre de 200 unités d'N par hectare sur les surfaces de base et de 250 unités sur les prairies temporaires. Les apports de P et de K sont de 160 unités tous les 2 ans.

6. Mesures - Interprétation des données

Les mesures zootechniques habituelles ont été réalisées individuellement : contrôle journalier des quantités de lait produites en salle de traite (trutest) avec prélèvements de 4 échantillons par semaine (2 jours consécutifs) en vue de la mesure de la composition du lait (taux butyreux et protéique). Les animaux ont été pesés 2 jours consécutifs à la mise en lots et en fin d'essai et une fois par mois durant la période expérimentale.

Pour caractériser la production fourragère et la pression de pâturage (herbe offerte / vache / jour), la quantité d'herbe présente a été mesurée à l'entrée et à la sortie des animaux de cha-

que parcelle. De plus, 3 cages de 1 m × 1 m par ha ont été placées dans les parcelles du système simplifié afin d'effectuer des mesures de croissance de l'herbe durant le temps de séjour des animaux. Les prélèvements ont été effectués manuellement, au niveau de zones prédéterminées en début de saison (4 par ha) au moyen de tondeuses à bordure. Des bandes de 10 m de long sur 10 cm de large (1 m² par bande) ont ainsi été coupées à 3 - 4 cm au-dessus du niveau du sol. La surface prélevée par parcelle et par cycle a été en moyenne de 3,2 m² par ha pour les déterminations de l'offert et de la croissance de l'herbe et de 6,5 m² pour les refus. Les échantillons d'herbe récoltés ont été regroupés par grands types de parcelles et par cycle en vue d'effectuer les analyses fourragères classiques (MM, CB, MAT).

Les résultats zootechniques individuels ont été interprétés statistiquement par analyse de covariance à partir des valeurs observées en pré-expérience (co-variable). La terminologie utilisée et les modes de calcul des bilans de pâturage correspondent à la méthode proposée par l'INRA (HODEN *et al.*, 1986).

II. Résultats

1. Déroulement du pâturage

Les conditions pédo-climatiques du printemps ont influencé l'ensemble de l'exploitation des surfaces.

Les 2 saisons de pâturage 1982 et 1983 ont été caractérisées par des conditions climatiques très différentes et pratiquement opposées (fig. 2).

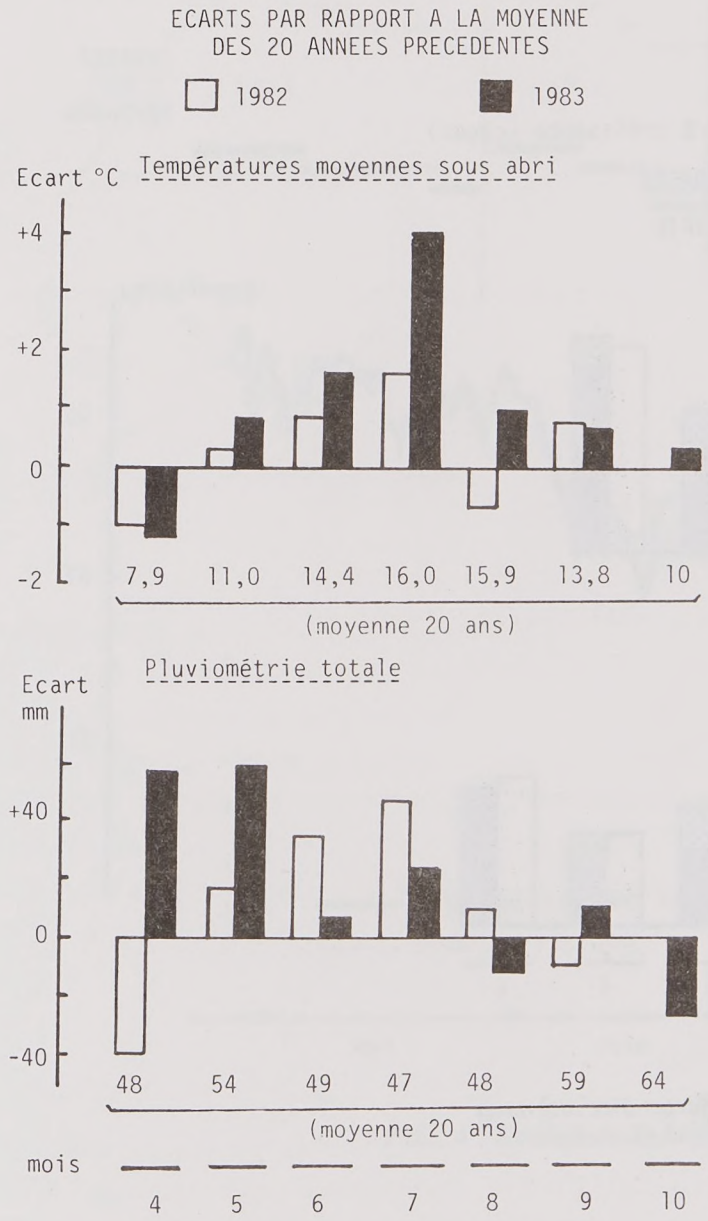

FIG. 2 : *Conditions climatiques mensuelles*

L'année 1982 a été particulièrement favorable au pâturage « de printemps » en raison de la faible pluviométrie du printemps (80 mm en avril + mai) qui a permis une bonne portance des sols à cette période. Par contre, le 3e cycle de pâturage a été long (4/6 au 15/7) par suite de conditions climatiques moins favorables (période humide et plus froide qu'en 1983), ce qui a nécessité des surfaces pâturées importantes (55 ares/vache). A l'inverse, les surfaces ont pu être réduites aux 2eet 4e passages et il a été possible d'effectuer 2 ensilages sur la surface additionnelle (prairies temporaires) qui représentait 56 p.100 de la surface totale du système (STS).

En revanche, le printemps 1983 a été excessivement pluvieux (215 mm en avril + mai) ; le 1er cycle a été long (35 jours) et a nécessité un pâturage à mi-temps (surface de 24 ares/vache) et des apports continus de fourrages conservés aux animaux. Ces conditions pédo-climatiques déplorables ont entraîné un retard dans l'exploitation de l'herbe sur les 3 premiers cycles (+ 14 jours en moyenne des dates d'exploitation par rapport à l'année 1) et ont aussi eu des répercussions au niveau de la récolte des excédents fourragers qui n'a pu être réalisée qu'une seule fois sur la surface additionnelle (prairies permanentes) et tardivement (14/6). A partir du 2e cycle d'exploitation, les conditions climatiques ont été bonnes et la surface additionnelle n'a représenté que 34 p.100 de la STS.

2. Production fourragère du pâturage

Les quantités totales d'herbe offertes aux animaux seraient comparables entre systèmes mais de meilleure qualité avec le système simplifié.

En moyenne pour les 2 années, les quantités d'herbe offertes aux animaux à l'entrée des parcelles sont au total d'environ 7,5 t MS/ha dans le système rationné contre 6 t MS/ha pour le système simplifié (tabl. 2). Mais dans ce système, la croissance de l'herbe durant le temps de séjour a été au total de 4,5 t MS/ha (mesures sous-cages). Si l'on admet que les animaux ne peuvent disposer que de la moitié de la pousse de l'herbe (BOSCH, 1956, repris par MEIJS, 1981 et LANTINGA, 1985), les quantités totales d'herbe offertes aux vaches du système simplifié seraient d'environ 8 t MS/ha, soit une quantité équivalente à celle de l'autre système. Dans ces conditions, la croissance de l'herbe durant le temps de séjour aurait représenté le quart de l'herbe offerte. Ces données ont une signification plus réduite la seconde année, en raison des difficultés de réalisation pratique des mesures liées aux mauvaises conditions pédoclimatiques.

La pression de pâturage (kg MS offert/vache/jour) serait ainsi comparable entre les 2 systèmes si l'on ne prend en compte que les données de 1982 (près de 17 kg MS). L'estimation des quantités d'herbe ingérées, effectuée pour cette même année, aboutirait à environ 12,5 kg MS par vache et par jour pour une production de 15,5 kg de lait et un apport moyen de 1,4 kg de concentré.

Pour chacune des exploitations, la quantité d'herbe offerte aux animaux à l'entrée des parcelles s'est située en général entre 1 et 1,5 t MS/ha dans le système rationné contre 0,7 et 1 t MS/ha dans le système simplifié (fig. 3). Ceci est en bon accord avec l'âge des repousses qui a été plus faible de près d'une semaine dans le système simplifié. Cette même illustration permet également de se rendre compte de la part importante représentée par la croissance de l'herbe durant le temps de présence des animaux.

TABLEAU 2

Production fourragère, pression de pâturage et composition chimique de l'herbe
(surface de base)

Année	1982		1983	
Systèmes de pâturage	RATIONNE	SIMPLIFIE	RATIONNE	SIMPLIFIE
Herbe présente à l'entrée (t MS/ha)...	7,6	6,0	7,5	5,9
Croissance totale sous cages (t MS/ha)	-	4,5	-	4,4
Composition chimique (p. 100 MS) :				
- offert entrée				
* matière sèche (p. 100).....	18,4	17,9	17,8	17,1
* matières azotées (NX6,25).....	18,5	20,3	19,7	20,9
* cellulose brute.....	23,7	21,9	26,1	22,5
- sous-cages (simplifié)				
* matières azotées (NX6,25).....	-	18,5	-	17,9
* cellulose brute.....	-	23,7	-	23,7
- refus sortie (à 10 p. 100 cendres)				
* matières azotées (NX6,25).....	17,0	17,8	17,0	16,4
* cellulose brute.....	22,9	22,1	27,3	23,8

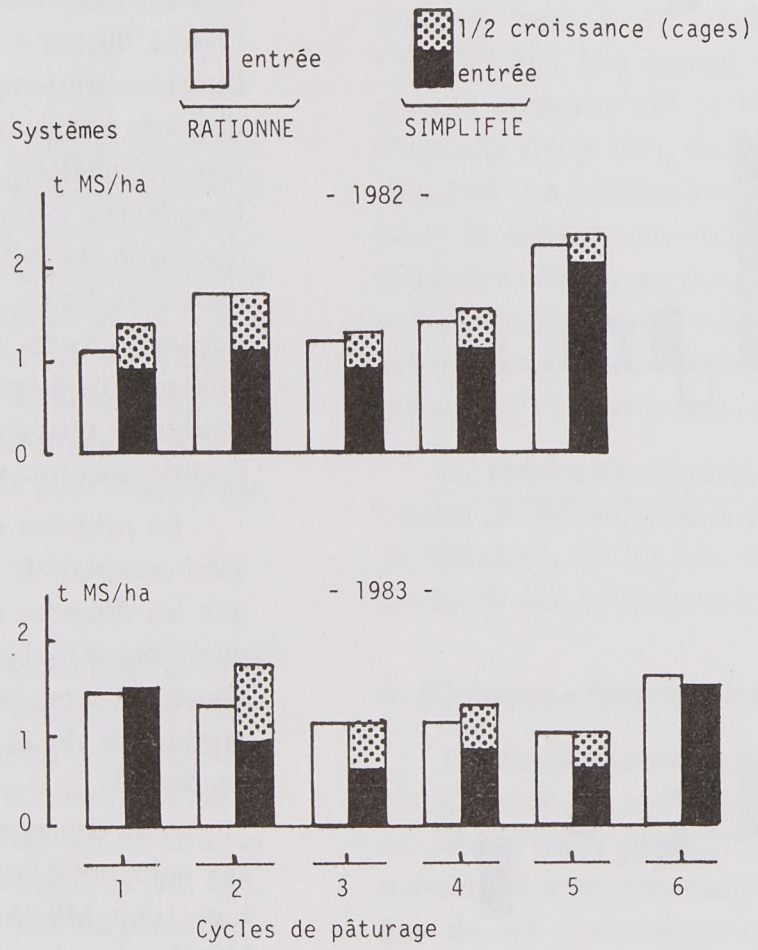

FIG. 3 : *Quantités d'herbe offertes aux animaux*

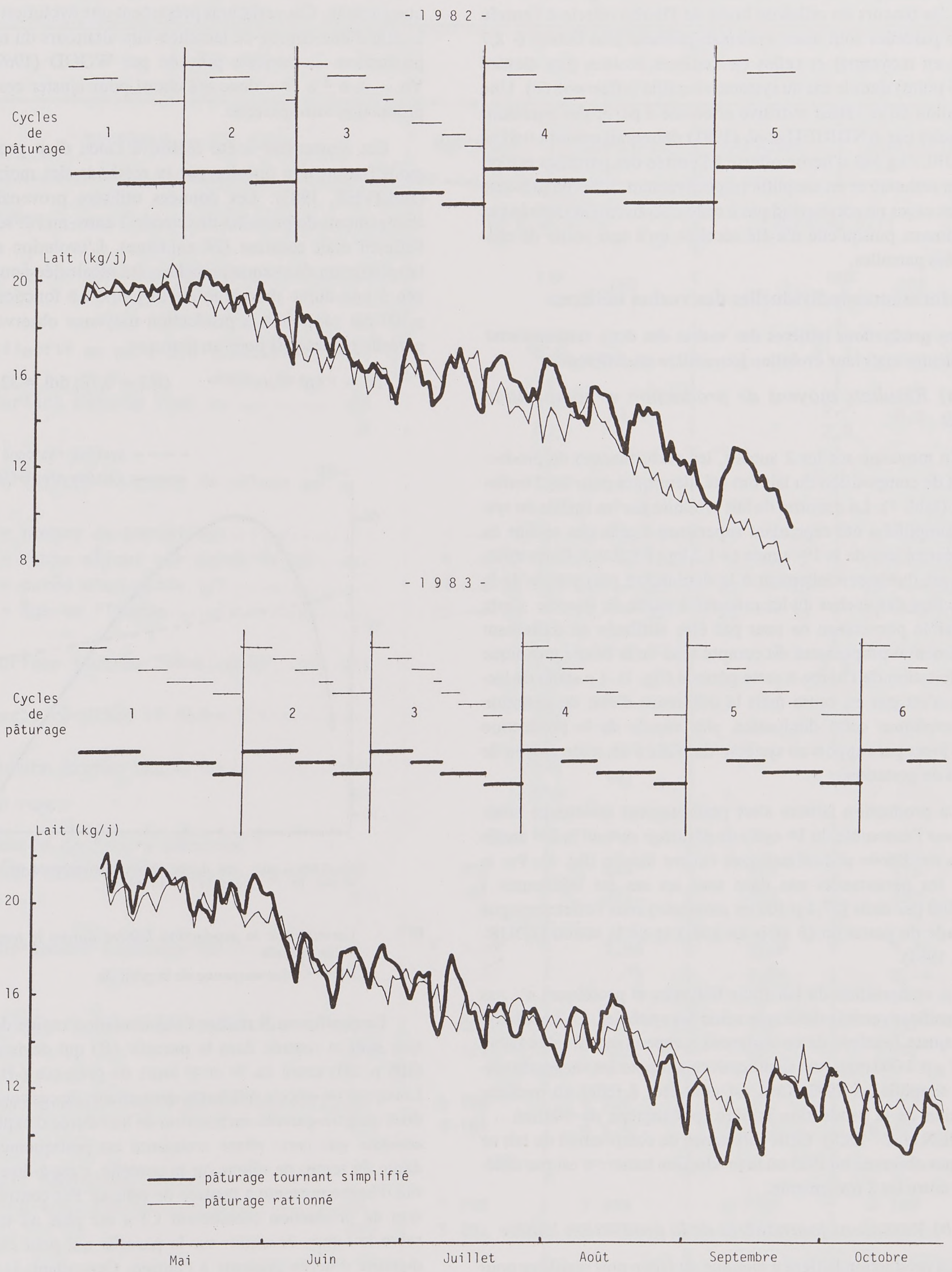

FIG. 4 : *Evolution de la production laitière au cours de la saison de pâturage*

L'herbe offerte aux animaux du système simplifié est plus jeune en début de parcelle et au cours du séjour sur la prairie. Ceci se vérifie par les résultats des analyses fourragères (tabl. 2). Ainsi, les teneurs en cellulose brute de l'herbe offerte à l'entrée sur les parcelles sont assez systématiquement plus faibles (- 2,7 points en moyenne) et celles en matières azotées plus élevées (+ 1,5 point) dans le cas du système simplifié (offert entrée). Une estimation de la valeur nutritive effectuée à partir des équations proposées par ANDRIEU *et al.* (1981) donnerait environ 0,85 et 0,90 UFL / kg MS d'herbe offerte à l'entrée des parcelles exploitées en rationné et en simplifié respectivement. L'herbe présente sous les cages ne correspond pas à celle effectivement ingérée par les animaux puisqu'elle n'a été récoltée qu'à leur sortie de chacune des parcelles.

3. Performances individuelles des vaches laitières

Les productions laitières des vaches des deux systèmes sont équivalentes mais leur évolution journalière est différente.

a) Résultats moyens de production et composition du lait

En moyenne sur les 2 années, les performances de production et de composition du lait ont été identiques pour les 2 traitements (tabl. 1). La quantité de lait produite par les vaches du système simplifié a été cependant supérieure à celle des vaches du lot rationné lors de la 1ère année (+1,2 kg ; $P<0,01$). Cette différence est due essentiellement à la diminution plus rapide de la production des vaches du lot rationné à partir du 4e cycle. Cette plus faible persistance ne peut pas être attribuée au traitement expérimental proprement dit compte tenu de la bonne technique d'exploitation de l'herbe à cette période (fig. 1). Le stade de lactation n'est pas en cause mais la différence d'état de gestation peut expliquer cette diminution plus rapide de la production (+ 26 jours par rapport au système simplifié à un stade moyen de 6 mois de gestation).

La production laitière s'est pratiquement maintenue constante sur l'ensemble du 1er cycle de pâturage surtout la 1ère année où les conditions pédoclimatiques étaient idéales (fig. 4). Par la suite, les persistances ont dans tous les cas été inférieures à 90 p.100 par mois (87,4 p.100 en moyenne) sous l'effet conjugué du stade de gestation (6 mois en août) et de la saison (JOURNET, 1984).

La composition du lait (taux butyreux et protéique) n'a pas été significativement différente selon les systèmes. Le taux butyreux ajusté (analyse de co-variance) a cependant été plus faible de 1,7 g p.1 000 mais non significativement pour les vaches du système simplifié en 1982. Ceci est peut-être à relier au meilleur maintien de la production laitière (phénomène de dilution... ; HODEN *et al.*, 1985). Cette différence de composition du lait ne s'est pas observée en 1983 où la production laitière n'est pas différente entre les 2 traitements.

b) Variations journalières de la production laitière

La production laitière a diminué de façon plus régulière pour les vaches du système rationné (fig. 4). Cette décroissance peut être considérée comme étant de type linéaire, les changements de parcelles n'affectant que très peu la production sauf lors de passages sur des surfaces additionnelles (jeunes semis de l'année en particulier).

Par contre, les variations de production laitière observées avec le système « simplifié », à partir du 2e cycle de pâturage, évoluent de façon « cyclique » au cours de l'exploitation de chaque parcelle. Ces variations présentent une évolution comparable à celle d'une courbe de lactation aux alentours du maximum de production. Le modèle proposé par WOOD (1969 et 1976) : $Yn = A\ n^{B}\ e^{-Cn}$ a donc été choisi pour ajuster ces courbes de production intra-parcelle.

Cet ajustement a été réalisé à l'aide d'un programme de modélisation non linéaire par la méthode des moindres carrés (JOLIVET, 1983). Les données utilisées provenaient des 12 changements de parcelles de l'année 2 entre mai et septembre où l'effectif était constant (24 animaux). L'évolution au cours de l'exploitation de chaque parcelle a été recalculée pour être ramenée à une durée théorique de 10 jours. La fonction établie en p.100 par rapport à la production moyenne observée pour une parcelle pâturée est pour un jour n :

$Yn = 1 \times n^{0.203} \times e^{-0,0559n}$ (R2 = 0,72; ddl = 32; fig. 5)

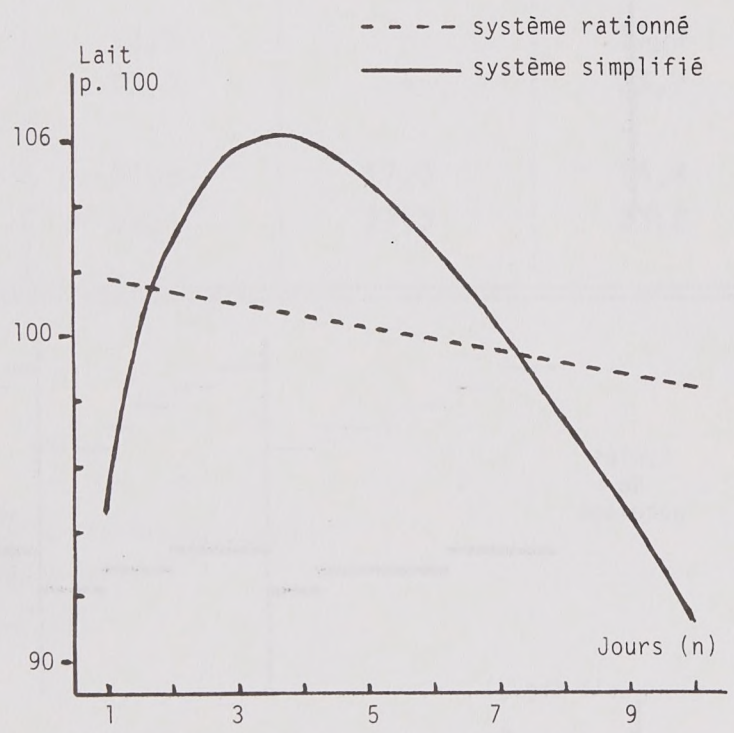

FIG. 5 : *Variation de la production laitière durant le temps de séjour d'une parcelle*
100 = valeur moyenne de la période

Le coefficient B traduit l'augmentation rapide de la production sitôt la rentrée dans la parcelle (Jl) qui devient maximum (106 p.100) entre les 3e et 4e jours de présence ($-B / C = 3,6$). Lorsque l'on calcule différents ajustements de ces courbes de production intra-parcelle en fonction de leur durée d'exploitation, on constate que cette phase croissante est pratiquement indépendante du temps de séjour sur la parcelle, c'est-à-dire de la quantité d'herbe présente à l'entrée de celle-ci. Par contre, la diminution de production (coefficient C) a été plus ou moins rapide selon le temps de séjour sur la parcelle qui peut être relié à la quantité d'herbe présente à l'entrée. Cependant, la quantité de lait produite en fin de parcelle dont la date de sortie dépendait de celle du système rationné, a été relativement peu variable et d'environ 91 p.100 de la valeur moyenne (90 à 94 p.100). La diminution totale de la production durant cette phase décroissante est donc d'environ 15 p.100 (91 / 106).

TABLEAU 3

Caractéristiques et bilan du pâturage

Année	1982		1983	
Systèmes de pâturage	RATIONNE	SIMPLIFIE	RATIONNE	SIMPLIFIE
Dates	13/4 au 21/9		20/4 au 6/11	
Durée de pâturage (j) (1) SB	112	160	148	201
SA	48		53	
Effectif au pâturage	19,9		21,1	
Surface pâturée (ha) SB	4,7	10,8	5,7	8,6
SA	6,1		2,9	
Variations en cours de saison :				
- nombre de parcelles	4 → 8	2 → 4	10 → 14	3 → 4
- temps séjour par parcelle (j)	8 → 4	14 → 10	4 → 2	15 → 10
- durée d'un cycle (j)	24 → 50	24 → 50	18 → 38	18 → 38
- âge de l'herbe	23 → 38	19 → 35	25 → 33	21 → 30
Surface fauchée "développée" (ha) SA	11,3		2,9	
Herbe récoltée (t MS/ha STS)	3,7		1,9	
Fumure azotée (kg N/ha) SB	175	197	215	
SA	250			
Nombre de "jours pâturage équivalents"/ha SB	436	444	516	513
STS	276	277	450	452
Chargement (animaux/ha) SB	3,89	3,96	3,49	3,47
STS	1,73	1,73	2,24	2,24
Aliment concentré (kg/ha) SB	670	680	721	737
STS	421	422	631	652
Lait produit (kg 4 p. 100/ha) SB	6 758	6 926	8 010	7 813
STS	4 181	4 216	6 913	6 992
Lait "autonome produit" (kg 4 p. 100/ha) SB	5 200	5 344	6 333	6 100
STS	3 202	3 235	5 447	5 477
Lait "autonome productible" (kg 4 p. 100/ha) STS	8 020	8 053	7 920	7 950

(1) dont 15 jurs de transition en 1982 et 34 jours en 1983 (mauvaises conditions climatiques).

SB = surface de base ; SA = surface additionnelle ; STS = surface totale système (SB + SA).

Cet ajustement intègre cependant à la fois les effets du traitement expérimental et du stade de lactation. L'influence de ce dernier peut être éliminé par comparaison à la diminution linéaire de production observée avec les vaches du lot rationné (fig. 5). Pour des productions laitières moyennes identiques ($\overline{X}$ = 100), les écarts extrêmes de quantités de lait produites par rapport au système témoin varient donc de 105 p.100 (J3-4-5) à 93 p.100 (premier et dernier jours). Nous avons analysé l'influence éventuelle du niveau de production en constituant 2 lots de vaches à partir de notre échantillon. De fait, les variations relatives de production laitière des 12 vaches les plus fortes productrices (23,8 ± 4,0 kg lait) ont été identiques à celles des 12 vaches les plus faibles productrices (16,5 ± 3,3 kg) lors des différents changements de parcelles. Le modèle moyen peut donc s'appliquer à l'ensemble des animaux.

c) Variations du poids vif

Les gains de poids vif sur l'ensemble de la saison ont été identiques intra-année quel que soit le système de pâturage.

A la mise à l'herbe, les animaux ont perdu en moyenne 35 kg de poids vif soit 5,5 p.100 de leur poids de fin d'hiver en raison des variations liées à leurs contenus digestifs. Par la suite, les vaches ont repris du poids, en particulier en fin de saison (dernier mois), sous l'effet conjugué de l'augmentation de leurs contenus digestifs (herbe moins digestible) et surtout du stade de gestation (plus de 6 mois), en particulier au cours de la première année (+ 40 kg).

4. Performances globales de production à l'hectare

La productivité du pâturage a été la même pour les 2 systèmes mais l'influence de l'année a été prépondérante.

Selon les systèmes de pâturage, les performances des animaux rapportées à l'ha ont été identiques intra-année puisque les productions individuelles et les chargements ont été comparables (tabl. 3). L'influence de l'année a par contre été importante pour toutes les raisons déjà évoquées précédemment (cf. déroulement du pâturage).

L'année 1982 a été pénalisée par l'arrêt prématuré (drainage) de l'essai (21/9) et par les moins bonnes conditions climatiques durant le 3e cycle d'exploitation (1/6 - 15/7) qui ont entraîné une extension importante des surfaces additionnelles (56 p.100 de la STS). De ce fait, la part des fourrages récoltés issus de prairies temporaires est importante (2 000 UFL « productibles »/ha STS). A l'opposé, la « productivité nette » du pâturage a été faible (5 200 kg « lait autonome »/ha de la surface de base et 3 200 sur la surface totale pâturée) en raison aussi du potentiel de production des animaux à la mise à l'herbe (20 kg lait/jour).

L'année 1983 a été essentiellement pénalisée par les mauvaises conditions climatiques de printemps. Dans ces conditions, la SB utilisée a été importante (66 p.100 de STS) et la quantité « d'énergie productible » issue des récoltes de fourrages a été faible (1 000 UFL/ha STS). La « productivité nette » du pâturage a été meilleure qu'en 1982 (6 200 kg « lait autonone »/ha SB et 5 500/ha STS) pour des niveaux de production comparables en début d'essai.

Ainsi, les estimations des quantités de lait « autonome productible » sont identiques pour les 2 années (8 000 kg/ha STS) mais en 1982, 60 p.100 de celles-ci sont dues aux récoltes contre 30 p.100 l'année suivante. Les comparaisons ne peuvent donc se faire directement sur ce critère car il serait logique de tenir compte de besoins « improductifs » (entretien) lorsque les fourrages récoltés représentent une part importante de l'énergie « productible » (HODEN *et al.*, 1986). De ce fait, un biais plus important d'estimation (par excès) a été réalisé pour 1982. En supposant une production laitière permise par les fourrages récoltés de 12 kg lait par jour (ration de base moyenne) les quantités de lait « autonome productible » seraient différentes d'environ 1 000 kg entre les 2 années (5 600 kg en 1982 contre 6 600 en 1983/ha STS).

III. Discussion - Conclusion

Ces 2 premières années d'essais portant sur la comparaison de 2 systèmes de conduite des troupeaux laitiers situés en zone de plaine sous influence océanique confirment bien les résultats antérieurs (revues de JOURNET et DEMARQUILLY, 1979 et de LEAVER, 1985 ; LE DU, 1980 ; LEBRUN *et al.*, 1981 ; PFLIMLIN, 1980 ; BERANGER et MICOL, 1981). Dans nos conditions, avec des prairies permanentes de bonne qualité recevant 250 unités d'N par ha, nous n'avons pas observé sur l'ensemble de la saison de différences entre les pâturages rationné et simplifié conduits à un niveau de chargement identique supposé optimum. Il faut cependant noter que lors de leur premier pâturage après récolte (ensilage, foin), les surfaces additionnelles sont naturellement introduites sans avoir subi les effets du système d'exploitation dans le cours du printemps.

Les productions totales d'herbe mises à la disposition des animaux ont été de près de 8 t MS/ha pour les 2 systèmes et sont en bon accord avec celles habituellement obtenues dans les conditons du Pin au Haras (MICOL et BERANGER, 1984). Ces quantités correspondent à celles effectivement offertes aux animaux à l'entrée des différentes parcelles dans le système rationné. Par contre, dans le cas du système simplifié, un quart environ de cette production totale serait à attribuer à la pousse de l'herbe durant le temps de séjour des animaux.

Les quantités d'herbe offertes aux animaux (kg MS/j/vache) auraient été de 17 kg MS et celles ingérées de 12,5 kg MS. Compte tenu du niveau de production moyen (15,5 kg lait) et de la complémentation effectuée (1,4 kg concentré), ces estimations seraient en bon accord avec les données de LE DU (1980) et avec celles observées à Vaux/Aure (WEISS, 1985). Par contre, les vaches du système simplifié ont été soumises à des variations importantes de quantités d'herbe disponibles au cours de l'exploitation d'une même parcelle. Mais l'herbe offerte aux animaux et consommée par ceux-ci a été de meilleure qualité dans le système simplifié en raison de son âge plus précoce à l'entrée dans les parcelles (1 semaine) et de l'excellente valeur nutritive des jeunes pousses feuillues issues de la croissance durant leur temps de séjour.

Les performances individuelles entre systèmes ont été identiques en moyenne et sont en bon accord avec les résultats récapitulatifs présentés par ailleurs. Comme l'ont signalé d'autres étu-

des (WEISS, 1985 ; GAREL et HODEN, 1985), les variations journalières de production laitière sont cependant importantes au cours de l'exploitation d'une même parcelle dans le système simplifié. Ceci est probablement à relier aux variations de valeur alimentaire de l'herbe présente dans le même temps. Le modèle de WOOD qui semble bien décrire l'évolution de la production au cours de l'exploitation d'une même parcelle (durée de séjour de 10 jours) montre que la quantité de lait produite augmente rapidement en début de parcelle (3 premiers jours), passe par un plateau (jours 4, 5 et 6) puis décroît ensuite de façon sensiblement linéaire. A la sortie des parcelles, la production laitière des 3 derniers jours a représenté en moyenne 90 p.100 du maximum atteint (moyenne 3 jours). Ce résultat pourrait constituer un facteur de décision important dans la pratique pour effectuer les changements de parcelle à partir des quantités totales de lait produites au niveau du troupeau (tank à lait).

Les performances globales ont été identiques entre systèmes mais ont été fortement influencées par les conditions pédoclimatiques de l'année. Ces dernières ont eu des répercussions importantes sur l'utilisation même des surfaces (fauche ou pâturage) et par là même sur leur productivité. Ce sont les raisons pour lesquelles il convient d'être prudent au niveau des comparaisons réalisées lorsque les destinations des surfaces ne sont pas comparables (rapport SB et SA dans STS). Les comparaisons relatives intra-années restent cependant possibles et permettent d'estimer la quantité de lait « autonome productible » à des niveaux comparables selon les systèmes.

En conclusion, il semble possible d'utiliser un « système simplifié » de pâturage « tournant » pour les vaches laitières ne comportant que 2 parcelles au printemps et 4 en fin de saison lorsque les conditions pédoclimatiques sont favorables à la pousse de l'herbe. Ceci devrait pouvoir être appliqué à l'ensemble des zones à pluviométrie bien répartie sur la période estivale. Le chargement adopté doit permettre d'exploiter de l'herbe de qualité dont l'âge varie de 21 j (printemps) à 35 j (automne) au maximum. Dans ces conditions, la durée de séjour par parcelle est d'environ 2 semaines au printemps et de 10 jours en fin de saison. Les dates de changement de parcelles pourraient se décider à partir des variations de production laitière. C'est ce que nous avons l'intention d'aborder dans les prochaines années en faisant varier simultanément les niveaux de chargement et de complémentation.

Références bibliographiques

ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., WEGAT-LITRE E., 1981. Tables de prévision de la valeur alimentaire des fourrages. In : « *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants* ». Ed. INRA Publications, Route de St-Cyr, 78000 Versailles.

BERANGER C., MICOL D., 1981. Utilisation de l'herbe par les bovins au pâturage. Importance du chargement et du mode d'exploitation. *Fourrages,* **8,** 73-94.

CASTLE M.E., WATSON J.N., 1975. Further comparisons between a rigid rotational « Wye College » system and other systems of grazing for milk production. *J. Br. Grassld. Soc.,* **30,** 1-6.

GAREL J.P., HODEN A., 1985. Pâturage en zone de montagne : niveaux de chargement et de complémentation pour des vaches laitières. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **62,** 35-40.

GILLET M., 1981. Physiologie de l'herbe et pâturage. *Fourrages,* **85,** 7-22.

HINAULT R., PFLIMLIN A., 1981. En Bretagne : la redécouverte du ray-grass anglais bouleverse le système fourrager. *Fourrages,* **86,** 33-42.

HODEN A., COULON J.B., DULPHY J.P., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 3. Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéique. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **62,** 69-79.

HODEN A., MICOL D., LIENARD G., MULLER A., PEYRAUD J.L., 1986. Interprétation des essais de pâturage avec des bovins : terminologie, modes de calcul, bilans annuels. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **63,** 31-42.

JEANNIN B., MICHEL J.L., PFLIMLIN A., 1981. Systèmes de pâturage pour vaches laitières dans les plaines herbagères du Nord-Est. *Fourrages,* **86,** 4-18.

JEANNIN B., PFLIMLIN A., 1981. Quelques propositions pour améliorer la conduite du pâturage des vaches laitières. *Fourrages,* **86,** 43-46.

JOURNET M., 1981. Conduite au pâturage des troupeaux laitiers à assez haut niveau de production. *Fourrages,* **85,** 95-112.

JOURNET M., 1984. Influence de la saison sur les taux butyreux et protéique du lait. In : « *La composition chimique du lait et ses incidences technologiques* ». Colloque INRA-ENSAR-INAPG, Rennes, septembre.

JOURNET M., DEMARQUILLY C., 1979. Grazing. In : « *Feeding strategy for the high yielding cow* ». Eds. BROSTER W.H. et SWAN H., 295-321. Granada Publishing Co, St Albans.

LANTINGA E.A., 1985. Simulation of herbage production and herbage intake during a rotational grazing period : an evaluation of Linehan's formula. *Neth. J. agric. Sci.,* **33,** 385-403.

LEAVER J.D., 1985. Review article. Milk production from grazed temperate grassland. *J. Dairy Res.,* **52,** 313-344.

LEBRUN V., 1980. Le pâturage continu intensif en Normandie. *Fourrages,* **82,** 3-30.

LEBRUN V., PFLIMLIN A., WEISS Ph., 1981. En Normandie, l'intensification du pâturage passe-t-elle par la simplification de la conduite ? *Fourrages,* **86,** 19-32.

LE DU J., 1980. Le pâturage continu. L'expérience anglaise. *Fourrages,* **82,** 31-44.

LEMAIRE G., SALETTE J., 1981. Conséquences du rythme de croissance de l'herbe sur la conduite du pâturage au printemps. Possibilités de prévisions. *Fourrages,* **85,** 23-38.

MEIJS J.A.C., 1981. Herbage intake by grazing dairy cows. 276 p. Wageningen Agricultural Research Report nº 909.

MICOL D., BERANGER C., 1984. French beef production systems from grassland. In : « *Grassland beef production* ». Ed. W. HOLMES, 11-22.

PFLIMLIN A., 1980. Le pâturage continu intensif pour les vaches laitières dans quelques pays de l'Europe du Nord. *Fourrages,* **81,** 21-56.

WEISS P., 1985. Le pâturage tournant assure la même production que le pâturage rationné. *Fourrages,* **102.**

WOOD P.D.P., 1968. Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. *Anim. Prod.,* **11,** 307-316.

WOOD P.D.P., 1976. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production, with estimates of seasonal variation. *Anim. Prod.,* **22,** 35-40.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1986 (64) 37-45

Conservation et utilisation des spathes de maïs par les ruminants

1. Mise au point d'une technique de conservation et utilisation par les génisses (laitières et à viande) en croissance, âgées de un an, au cours de la période hivernale

M. CHENOST*, J.M. BESLE*, J.M. BOISSAU* et J. BONY*
avec la collaboration technique de J.M. GIRAUD**, L. L'HOTELIER* et F. DECUQ**

** INRA-CRZV Theix, Laboratoire des Aliments, 63122 Ceyrat*
*** INRA, Domaine de Laqueuille, Les Razats, 63820 Laqueuille*

I. Introduction

Le maïs semence est récolté au corn picker lorsque le grain a atteint son stade de mâturité physiologique (70 p.100 de MS ou plus).

Les épis sont acheminés dans des usines spcécialisées. Après effeuillage des spathes et tri des épis, ceux-ci sont séchés. On procède ensuite à la séparation des grains et des rafles. Le grain-semence subit alors un ensemble de traitements (calibrage, antifongiques et antiparasitaires pour la conservation). Les rafles sont quelquefois utilisées comme combustible par ces usines et l'excédent est le plus souvent vendu aux usines d'aliments du bétail.

La coopérative Limagrain possède une telle usine dans le Puy-de-Dôme, près de Clermont-Ferrand. Elle traite 35 000 tonnes d'épis pendant une campagne d'un mois et demi en septembre et octobre. Outre les rafles et les poussières, 3 000 tonnes de spathes sortent de la chaîne de tri pendant cette campagne.

La matière sèche de ce résidu « spathes » comprend en réalité environ 70 p.100 de spathes proprement dites, un peu moins de 20 p.100 de rafles et 10 p.100 de grains qui sont arrachés pendant l'opération d'effeuillage (tabl. 1).

TABLEAU 1

Composition morphologique et teneur en matière sèche des spathes fraîches sortie usine - octobre 1984 -

Résultats de 12 mesures effectuées sur les variétés LG5 et LG11

	p.100 du poids frais	p.100 du poids sec
Spathes	45	67.6
Pédoncule	10	5.1
Rafle	30	18.7
Grains + soies	15	8.5

Variation de la teneur en matière sèche des spathes : 50 à 55 p.100

Ce produit est riche en eau (45 à 50 p.100 suivant les années). Il est volumineux, ce qui oblige l'usine à le presser en balles de 400 kg de 1,4 × 1 × 0,8 m (1,12 m^3). Une fois pressées, les spathes fermentent très rapidement et ne peuvent pas être conservées plus de quelques heures. Elles étaient donc mises, jusqu'alors, à la décharge.

L'objectif de notre étude a été, à la demande de la coopérative Limagrain, de mettre au point une technique de conservation et d'étudier la valeur alimentaire du produit conservé pour le ruminant.

D'après les données de la littérature (N.A.S., 1971 ; DEMARQUILLY, 1979 ; MORRIS et MOWATT, 1980) la valeur alimentaire du résidu frais est encore mal connue. Il est d'ailleurs souvent ensilé en mélange avec les tiges et les feuilles après avoir été récupéré dans une remorque à l'arrière de la moissonneuse-batteuse lors de la récolte du maïs-grain.

Relativement riche en énergie grâce à la présence de grain, il apporte aussi un peu de matières azotées (4 à 5 p.100 de la MS). Sa valeur est probablement supérieure à celle des pailles et voisine de celle d'un foin récolté tardivement. Ce produit doit donc pouvoir constituer l'essentiel de la ration d'animaux à besoins modérés ou faibles.

Cet article rapporte les résultats relatifs à la recherche d'une technique simple de conservation, à la mesure, sur moutons, de la digestibilité du produit frais et conservé et aux croissances hivernales obtenues sur génisses d'un an pendant l'hiver 1984-85.

II. Traitements de conservation

1. Principe

Trop humides pour être conservées comme l'est un foin, les spathes sont en revanche trop sèches pour s'ensiler dans de bonnes conditions. Il faudrait en outre que cet ensilage soit effectué rapidement (avant qu'elles ne fermentent), soit sur place mais ceci est incompatible avec les impératifs de l'usine, soit chez les éleveurs eux-mêmes, ce qui suppose que les balles soient enlevées au fur et à mesure de leur sortie de la presse, ceci est très difficile à organiser.

On a donc envisagé deux méthodes de conservation pour éviter la fermentation et le développement des moisissures des balles stockées à l'usine :

- le traitement des balles de spathes, soit « en tas », soit en gaine plastique (système Armako), en injectant 2 ou 3 kg d'ammoniac anhydre par 100 kg de produit frais. Ce traitement est voisin de ceux appliqués par MORRIS et MOWATT (1980) et par SAENGER *et al.* (1982) aux cannes de maïs (30 p.100 d'eau) qui peuvent être stabilisés si on les maintient pendant un à deux mois sous atmosphère ammoniacale, cette stabilité étant maintenue après leur remise à l'air libre ;

- l'introduction de 3 p.100 d'urée (en grain ou en solution) au moment de la confection des balles (avant pressage) pour générer une atmosphère ammoniacale grâce à l'hydrolyse de l'urée. En effet, les conditions d'humidité et de température nécessaires à cette réaction sont favorables lors de la campagne de triage. On a toutefois rajouté 0,2 kg de tourteau de soja cru (source d'uréase) par kg d'urée pour parfaire la réaction.

Tous ces paramètres de traitement ont été retenus à la suite d'essais préalables conduits en laboratoire.

2. Réalisation pratique

Le tableau 2 donne les différentes techniques testées, d'une part en vraie grandeur (ainsi que les quantités utilisées) et d'autre part en laboratoire. Nous avons traité une quantité totale de 95 tonnes de spathes à 50 p.100 de MS.

Ces traitements ont été réalisés en octobre 1984 avec le concours du CEMAGREF de Montoldre (Allier). Dans le cas du procédé Armako (l'ammoniac anhydre est injecté dans les balles à l'aide de fourches percées disposées en position frontale sur un tracteur), nous n'avions à notre disposition qu'un conformateur circulaire alors que les balles sont parallélépipédiques. On a pu cependant tirer au mieux parti du diamètre du conformateur et de la gaine en superposant les balles 2 à 2, à l'intérieur de cette gaine.

3. Résultats de conservation

On a constaté un bon état de conservation des spathes traitées à l'NH_3, une bonne homogénéité du produit traité et une très bonne stabilité à la reprise aussi bien avec les traitements en gaine qu'en tas. Une balle qui a été gardée pendant 10 mois ne présentait après ce laps de temps ni moisisssures, ni signes de fermentation.

La réussite du traitement et de la conservation avec *l'urée* reflète la façon dont l'urée a été incorporée aux spathes. Cette incorporation n'a pas pu être maîtrisée correctement. En effet, en l'absence d'une part d'un système d'incorporation de l'urée synchronisé avec le débit d'arrivée des spathes et d'autre part d'un bon système d'homogénéisation, la solution d'urée n'a pas toujours été mélangée de façon uniforme à la masse des spathes. On retrouve donc en plus des zones correctement conservées dans les balles traitées à l'urée,

* des « poches » non traitées caractérisées par la présence de moisissures blanches ;

* des zones noires déliquescentes correspondant au développement de pourritures dues à une mauvaise fermeture des bâches ou des gaines ;

* des zones plus ou moins humides avec développement de moisissures noires et vertes (*Aspergillus fumigatus, Mucor mucedo*). *Aspergillus fumigatus,* thermopréférante (signe d'échauffement), est une espèce à éviter (mycoses pulmonaires graves mais rares, avortement, troubles nerveux). Les génisses d'un an n'ont cependant pas été affectées. Il y aurait lieu d'être prudent avec des vaches en gestation ;

* des zones, plus rares, mais risquant d'être dangereuses pour les animaux, où les granules d'urée non dégradées sont regroupées en paquets (problèmes d'incorporation lors du traitement).

Malgré ces difficultés, il a toutefois été possible de « récupérer » 50 p.100 de spathes correctement traitées à l'urée qui ont pu être distribuées sans problèmes aux moutons et aux génisses.

TABLEAU 2

Traitements expérimentaux effectués sur les spathes fraîches pendant la campagne 1984 / 85 (sept. oct. 1984) à l'usine d'Ennezat

Nature du traitement	Conditionnement	Poids de spathes traitées (t) Brut	Matière sèche
1) Traitements destinés aux essais alimentation :			
AMMONIAC ANHYDRE			
. Armako (2 kg d'NH_3/100 brut de spathes)	gaine	48.0	24.1
. Tas ou meule (2 kg d'NH_3/100 kg ")	meule	7.2	4.3
. Tas ou meule (3 kg d'NH_3/100 kg "	meule	7.2	3.8
	Total (NH_3)...	62.4 t	32.2 t
UREE (granules introduites dans la trémie de pressage)			
. 3 kg d'urée pour 100 kg brut de spathes	meule	19.2	10.2
avec 1 kg de tourteau de soja cru pour 5 kg d'urée	gaine	13.7	7.2
	Total (urée)..	32.9 t	17.4 t
Quantité totale de spathes brutes traitées		95.3 t	

2) Traitements "micro-essais" destinés aux mesures de laboratoire :

UREE	Conditionnement	Quantité
- 1, 2 et 3 kg d'urée/100 kg de spathes brutes avec 0, 1/2 et 1 kg de soja/5 kg d'urée	mise sous gaine	1 à 2 balles de 400 kg par traitement
- 3 kg d'urée/100 kg de spathes brutes, 1 kg de soja/5 kg d'urée, pour mesurer l'évolution du traitement durant 6 semaines	mise sous gaine	6 balles de 400 kg

Enfin, un essai de conservation avec solution d'urée sans soja, effectué sur une balle, montre qu'il n'est pas nécessaire d'incorporer une source d'uréase pour obtenir l'hydrolyse quasi totale de l'urée et une bonne stabilisation des spathes.

4. Durée du traitement

Les résultats des mesures cinétiques, dont nous ne donnerons pas le détail ici, montrent que les traitements de conservation (NH_3 ou urée) sont achevés au bout de 3 semaines - délai à partir duquel on peut donc ouvrir les meules ou les gaines, sans risque de reprise des fermentations.

Les mesures de laboratoire, effectuées sur des petites quantités de spathes où l'urée a bien été homogénéisée, montrent que la stabilisation est même obtenue au bout de 48 h, l'ammoniac provenant de l'hydrolyse de l'urée ayant commencé à diffuser dans les spathes. Toutefois, la réaction d'hydrolyse de l'urée n'est totale qu'au bout de 3 semaines. On peut donc concevoir de transporter des balles des spathes qui restent dans leur gaine chez l'exploitant après 48 h. On les mettra en tas (ou silo) recouverts de plastique et on pourra les ouvrir au bout de 3 semaines lorsque la réaction d'uréolyse sera achevée.

III. Digestibilité sur moutons

On a utilisé un lot de 6 moutons mâles castrés afin de mesurer la digestibilité et l'ingestibilité du « résidu » frais (conservé à - 20° C) et traité. Les animaux ont reçu successivement à volonté :

. les spathes non traitées plus 150 g de tourteau de soja pour amener la ration totale à une teneur en MAT / MS d'au moins 10 p.100,

. les spathes traitées à l'urée,

. les spathes traitées à l'NH_3 (2 p.100, Armako).

Nous n'avons pas eu à limiter les quantités de spathes distribuées pour les mesures de digestibilité car elles ont été ingérées à un niveau voisin de 30 g de matière sèche par kg de poids métabolique (niveau adopté pour mesurer la digestibilité des fourrages pauvres).

1. Composition chimique

La composition chimique classique est reportée au tableau 3a. Les traitements NH_3 2 p.100 Armako et urée (3 p.100 urée - 0,2 kg de soja par kg d'urée) ont fait passer la teneur en équivalent MAT (1) de 4,6 à respectivement 13,7 et 11,2 p.100 (augmentation de 9,1 et 6,6 points). Le traitement NH_3 en tas, à 3 p.100, reste inférieur (MAT / MS = 12,7 p.100) au traitement Armako.

Le taux de fixation de l'azote (pourcentage de l'azote fixé par rapport à l'azote apporté par le traitement) est de 44 p.100 avec NH_3 et est légèrement supérieur à celui de 38 p.100 observé avec l'urée. Ce dernier atteint 40 p.100 lorsqu'on prend en compte la fraction d'urée non transformée restant présente dans les spathes et qui est, par conséquent, utilisable par l'animal qui les consomme.

L'urée a bien été transformée en ammoniac (l'urée résiduelle ne représente que 7 p.100 de l'azote total). L'azote après traitement est composé pour environ 50 p.100 d'azote soluble avec les traitements NH_3 2 p.100 et urée et pour 62 p.100 avec le traitement « NH_3 en tas 3 p.100 ». La proportion d'azote ammoniacal est comprise entre 8 (NH_3 à 2 p.100) et 18 p.100 (traitement urée). Ces proportions en N soluble et N ammoniacal sont voisines de celles observées dans le cas du traitement des pailles de céréales (CHENOST et DULPHY, 1986).

Le tableau 3b donne la composition minérale des spathes « NH_3 » 2 p.100. Les spathes sont déficitaires en Ca et en P ainsi qu'en oligoéléments. Nous donnons un exemple de composé minéral permettant de les complémenter correctement.

TABLEAU 3a

Influence du traitement sur la composition chimique, la digestibilité et les quantités de spathes de maïs ingérées (moutons)

	Spathes fraîches avant traitement	Traitements retenus pour les essais zootechniques		
		NH_3 Armako (2%)	NH_3 tas (3%)	Urée (3%)
Composition chimique				
MS p.100	53,6	50,2	52,7	53,2
Cendres	3,6	3,0	-	2,9
CB (p.100 MS)	28,9	22,7	-	31,0
N x 6,25 (p.100 MS)	4,6	13,7	12,7	11,2
N total (g/kg MS)	7,4	21,9	20,3	17,9
N soluble (en p.100 N total)	1,6 (22)	10,5 (48)	12,5 (62)	8,7 (48)
N - NH_3 (en p.100 N total)	0 (0)	1,7 (8)	3,3 (16)	3,3 (18)
N urée résiduelle (en p.100 N total)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1,2 (7)
Quantités de matière sèche ingérées (à volonté)				
. totale (g/j)	1195	634		657
. spathes (g/j)	1060	634		657
(g/kg $P^{0.75}$)	42,6	33,7		29,1
Spathes/ration totale (p.100 MS)	88,7	100		100
Digestibilité (distribution en quantités limitées à 30 g/kg $P^{0.75}$)				
MS de spathes ingérée (g/kg $P^{0.75}$)	30,4	33,7		29,1
Spathes/ration totale (p.100 MS)	84,6	100		100
Dig. matière organique (p.100) (ration)	71,2			
(spathes)	66,7	61,8		57,3
Valeurs UF et PDI calculées à partir des mesures moutons				
spathes UFL (par kg MS)	0,74	0,69		pas calculé
spathes PDIE (g/kg MS)	63,2	73,5		cf. (x)
spathes PDIN (")	28,5	82,3		
UEM spathes (à volonté)	1,50	1,62		1,62

(x) Les résultats de digestibilité effectuée sur les spathes urée ne sont que des ordres de grandeur, les variations d'ingestion entre les 6 moutons ayant été très élevées, contrairement à celles des spathes NH_3.

(1) N × 6,25

2. Effet du traitement sur l'ingestibilité et la digestibilité des spathes

Le traitement a eu un effet dépressif sur l'ingestibilité (mouton) des spathes : 33,7 et 29,1 g / kg de poids métabolique ($P^{0,75}$) respectivement pour NH_3 Armako 2 p.100 et urée 3 p.100 contre 42,6 pour les spathes non traitées (tabl. 3a). Ce résultat diverge de ceux observés sur les pailles traitées. Il est à mettre au compte de l'odeur ammoniacale des spathes, pourtant distribuées après 48 h d'aération.

Le traitement de conservation a également eu un effet dépressif sur la digestibilité (tabl. 3a). La valeur UFL qui en découle passe ainsi de 0,74 à 0,69 UFL / kg de MS pour le traitement NH_3 2 p.100. Nous n'avons pas calculé la valeur UFL des spathes conservées à l'urée car la digestibilité est sujette à caution en raison de l'extrême variabilité de l'ingestion observée entre moutons à l'intérieur du lot.

Les valeurs PDI calculées à partir de la digestibilité et des solubilités après le traitement à l'NH_3 sont de l'ordre de 73 et 83 g / kg MS respectivement pour les PDIE et les PDIN. Les spathes, tout du moins celles conservées à l'ammoniac, présentent donc un équilibre PDIE / PDIN favorable qui peut s'expliquer par la fraction non négligeable de grains, associé aux spathes proprement dites.

Le traitement a amélioré la valeur azotée mais pas la valeur énergétique qui a même légèrement diminué. En fait, les spathes fraîches sont déjà riches (0,74 UF), or on sait que l'effet améliorateur du traitement aux alcalis est d'autant moins important que la valeur énergétique du produit initial est élevée (CHENOST et DULPHY, 1986).

La diminution plus importante de digestibilité avec le traitement à l'urée est vraisemblablement liée à la mauvaise homogénéisation de l'urée dans la masse des spathes dont certaines fractions ont fermenté.

En définitive, les traitements réalisés sont essentiellement destinés à conserver un produit humide et à en accroître la valeur PDI plutôt qu'à en améliorer la digestibilité.

IV. Essais zootechniques : alimentation de génisses de 1 an

1. Schéma expérimental

Nous avons utilisé des génisses Pie Noires et Charolaises de 1 an. L'objectif de croissance était de 400 g / jour. Il fallait rechercher une ingestion maximale des spathes (alimentation à volonté)

TABLEAU 3b

Composition minérale des spathes de maïs traitées par la méthode Armako à 2 p.100 d'NH_3 et exemple de complémentation

Cendres p.100 MS = 2,89

Eléments	p.100 de la matière sèche	Minimum nécessaire pour bovins en croissance (p.100 MS fourrage)
P	0,19	0,4
Ca	0,08	0,3
Mg	0,11	1,5
K	0,78	0,3
	mg/kg de matière sèche	(mg/kg MS fourrage)
Cu	4	10
Fe	161	/
Mn	18	50
Zn	24	80
Soufre	/	1,5
Cobalt (mg/kg MS)	/	0,1

Un CMV classique du commerce, de type 14 x 14, renforcé en oligoéléments, permet de rééquilibrer l'apport minéral. Il convient toutefois de rajouter un minimum de soufre (sans excès) pour assurer une bonne croissance bactérienne.

Exemple de rationnement (en g/j/animal) :

Génisses 1 an : 80 g de 14 x 14 enrichi en oligoéléments
plus 20 g d'un mélange soufré

Vaches allaitantes : 120 g de 14 x 14 enrichi en oligoéléments
plus 30 g d'un mélange soufré

Composition du mélange soufré : p.100

SO_4Na_2	77,1
S (en fleur)	22,9

tout en apportant une quantité minimum de compléments permettant de couvrir les besoins énergétiques et azotés de l'animal sans nuire au maintien d'une bonne activité cellulolytique dans le rumen. C'est pourquoi nous avons utilisé de la pulpe de betterave déshydratée, riche en parois rapidement digestibles et apportant une quantité intéressante (10 p.100 de la MS) de matières azotées peu dégradables.

Le dispositif expérimental retenu figure en haut du tableau 4. La disponibilité en animaux et en logements n'a pas permis de le rendre plus simple. En outre, du fait d'un problème de toxicité observé sur 2 animaux pendant la période d'adaptation, mais resté sans suite, nous avons préféré rationner les spathes à 5 kg de matière sèche par animal et par jour (1,7 kg / 100 kg de poids vif).

Les différentes séquences d'alimentation sont reportées au bas de la figure 1. Elles ont été liées, pour les lots « Charolaises / urée », au stock disponible de spathes traitées à l'urée moins important (en raison des pertes liées à la conservation) que celui des spathes traitées à l'NH_3, 2 p.100, Armako.

Les périodes expérimentales proprement dites ont été encadrées par des périodes pré et post-expérimentales où tous les lots ont reçu des « spathes NH_3 Armako ». Cette disposition avait pour but de « ramener » les contenus digestifs à des poids voisins indépendants des régimes, de manière à pouvoir calculer des gains de poids vif « corrigés » en fonction du contenu digestif (poids estimé du contenu = 6 kg de MS par kg de MS de spathes « NH_3 » ingéré).

Les périodes expérimentales ont comporté deux sous-périodes, la première où les spathes ont été distribuées en quantités limitées, la deuxième où les spathes ont été distribuées à volonté afin d'évaluer d'une part, l'ingestibilité potentielle des deux catégories de spathes et d'autre part, le taux de substitution de la pulpe aux spathes. On a pu ainsi comparer les quantités ingérées par les Frisonnes et les Charolaises sur une même ration (spathes « urée » distribuées à volonté pendant 3 semaines).

2. Résultats et discussion

Quantités de matière sèche ingérées

Distribuées à volonté, les spathes ont été bien ingérées (tabl. 4) et aucun problème d'intoxication n'a été observé. Les spathes « NH_3 » l'ont été un peu mieux que les spathes « urée » (6,8 ± 0,68 et 6,4 ± 0,64 kg de MS respectivement pour les lots de 2 et 3 Pie Noires) mais de façon non significative.

A complémentation et nature de spathes (lots 3 et 4) comparables, les génisses Pie Noires ont ingéré, en moyenne, des quantités de matière sèche plus élevées (6,4 kg) que les génisses Charolaises (5,6 kg), ce qui est normal compte tenu de la capacité d'ingestion plus élevée des Pie Noires.

Croissances journalières (tabl. 4)

Les croîts réalisés par les génisses ont largement dépassé l'objectif fixé. Ils ont été compris entre 664 et 846 g / j. Il est difficile de comparer les croîts réalisés par les lots 1 et 2 à ceux réalisés par les lots 3, 4 et 5 qui comportent, pour les deux catégories de spathes, un nombre d'animaux, des races et une complémentation différents.

La seule comparaison équilibrée peut être faite entre les lots 2 et 3 (Pie Noires, 2 kg de complément par de la pulpe). Les spathes « NH_3 » permettent une croissance journalière (846 ± 143 g / j) plus élevée que les spathes urée (769 ± 104 g / j) mais non significative.

Valeur alimentaire des spathes estimées à partir des performances réalisées par les génisses

On a calculé les différents paramètres de la valeur alimentaire des spathes à partir des croissances réalisées par les génisses. Ce calcul est approximatif dans la mesure où,

. les spathes étaient complémentées ; les éventuels phénomènes de digestibilité associative n'ont pas pu être pris en compte ;

. les calculs sont effectués sur des gains de poids, certes corrigés, mais qui restent entachés d'une certaine erreur due aux pesées (contenus digestifs estimés) et à la variabilité des croissances d'un animal à l'autre.

Les valeurs sont donc à considérer avec prudence. L'ensemble des résultats génisses et moutons permet d'avancer les ordres de grandeur suivants pour les valeurs UF, UEM et UEB et PDI :

Valeur par kg de MS	Spathes «NH_3» (2 p.100)		Spathes «urée» (3 p.100)	
	génisses	moutons	génisses	moutons
UFL	0,75	0,69	0,60	-
UE (à volonté)	1,10	1,61	1,16	1,62
PDIE	-	73	-	-
PDIN	-	82	-	-

Les valeurs d'encombrement ne dépendent pas ou peu de la nature du traitement, ce qui est conforme à l'absence de différences significatives entre nature des spathes dans les ingestibilités mesurées sur génisses et sur moutons, malgré un léger avantage pour les spathes « NH_3 ». Elles sont plus faibles pour les génisses que pour les moutons, ce qui est classique. Toutefois les valeurs UEM sont certainement surestimées en raison des difficultés d'ingestion observées sur moutons.

Les spathes « NH_3 » ont une valeur énergétique plus élevée que les spathes « urée » (0,75 et 0,69 respectivement pour le calcul effectué sur génisses). Ceci est vraisemblablement dû à l'hétérogénéité du produit traité par l'urée.

En définitive, la valeur alimentaire des spathes « NH_3 » correspond à celle d'un foin correct ; elle est plus élevée que celle des spathes « urée ».

V. Conclusion

En conclusion, il est possible de stabiliser et de conserver des spathes de maïs, résidu de la chaîne de tri d'une usine de maïs semence.

Un traitement sous atmosphère NH_3 (2 p.100) effectué soit par le système ARMAKO, soit par le système « tas » permet de conserver les spathes sans reprise de fermentation lors de leur distribution 4 à 6 semaines plus tard. Le système ARMAKO est en outre facilement mécanisable et se prête bien au traitement de quantités importantes (2000 tonnes ont été traitées lors de la campagne 1985). Le traitement à l'urée (sans soja), moins onéreux en

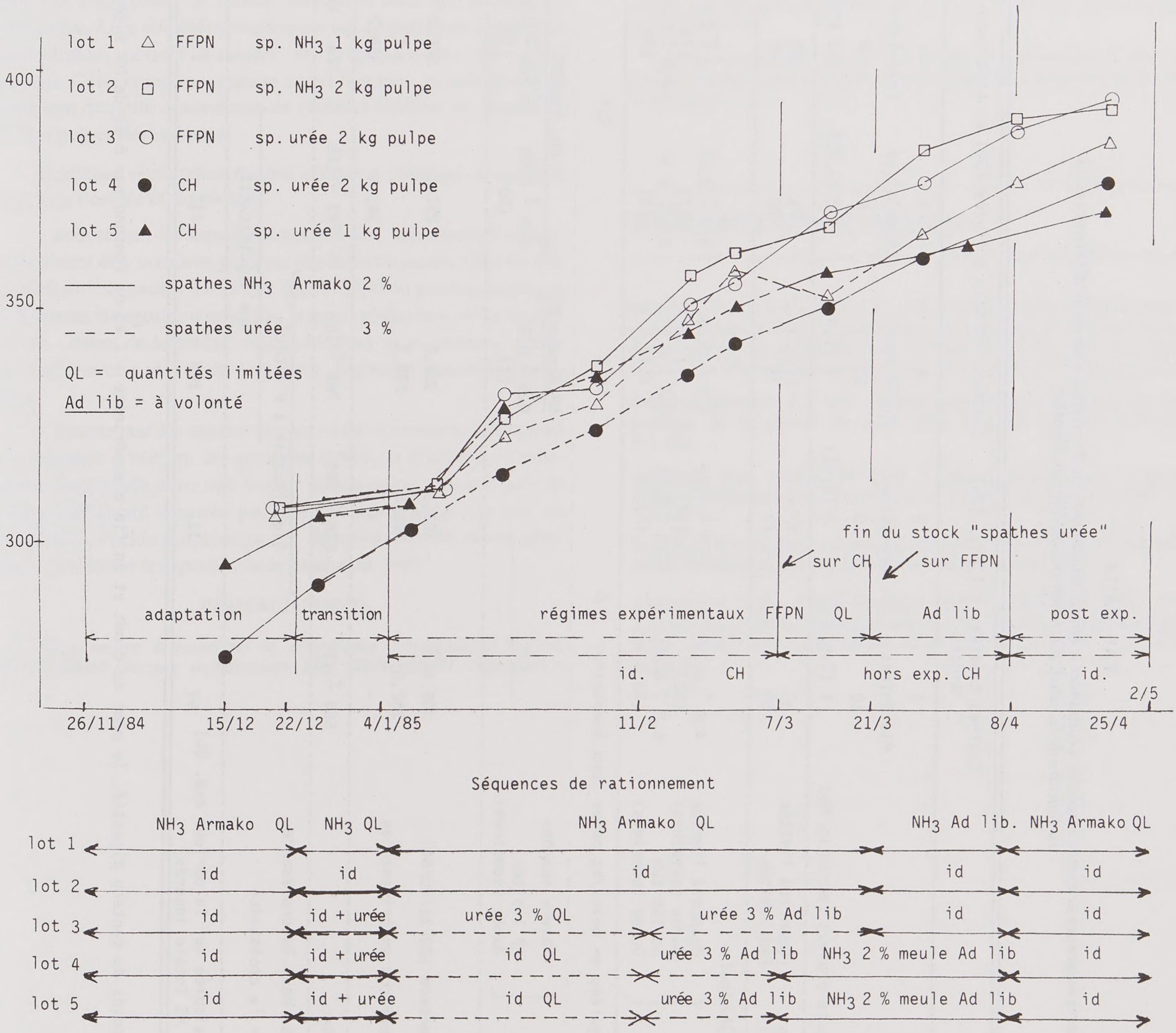

FIG. 1 : *Variation du poids vif des génisses suivant le régime. Séquences du rationnement* - Laqueuille 1984 / 85

TABLEAU 4

Quantités moyennes de spathes ingérées, croissances et efficacités alimentaires de génisses d'un an de différentes races en fonction de la nature du traitement appliqué aux spathes

Régimes		Spathes traitées à l'NH_3 (2%) Armako	Spathes traitées à l'urée (3%) et soja (s/u=1/5)			
Lots		1	2	3	4	5
Animaux		Pie-Noires	Pie-Noires	Pie-Noires	Charolaises	Charolaises
Nombre		10	10	10	8	8
Complémentation : kg de pulpe brute/j (et en kg MS)		1 (0,91)	2 (1,82)	2 (1,82)	2 (1,82)	1 (0,91)
Proportion de spathes dans la ration (p.100 de la MS)	(Quantité limitée	84	72	76	74	85
	(Ad libitum	88	79	78	76	87
Spathes ingérées (kg de MS/j/animal)						
Période expérimentale	Quantité limitée	4,8 ± 0,25	4,8 ± 0,22	5,8 ± 0,58	5,2 ± 0,64	5,2 ± 0,64
	Durée (semaines)	(12)	(12)	(7)	(7)	(7)
	Ad libitum	6,8 ± 0,66	6,8 ± 0,68	6,4 ± 0,64	5,6 ± 0,37	6,0 ± 0,33
	Durée (semaines)	(3)	(3)	(5)	(3)	(3)
Substitution (spathes ingérées en moins/kg pulpe supplémentaire)		0		0,6	0,4	
Période hors expérience	Nature spathes			NH_3 Armako 2%	NH_3 tas 2%	
	Ad libitum			6,6 ± 0,31	5,9 ± 0,88	6,0 ± 0,99
	Durée (semaines)			(3)	(5)	(5)
Poids vif (kg)						
. début régimes expérimentaux (20-21/12/84)		306,4	306,3	308,2	292,1	306,2
. après 84 jours de périodes expérimentales		352,9	368,0	370,3	-	-
. après 66 jours		-	-	-	343,1	350,2
GMQ (g/j) corrigé[1] par lot		664 ± 110	846 ± 143	769 ± 104	780 ± 118	729 ± 171
Comparaison des traitements pour la croissance			Significatif à P = 0,01			
Comparaison des races pour la croissance				non significatif		
Efficacité alimentaire (calculée sur la période exp. QL) (croissance en g/j/kg de MS totale ingérée)		97	111	100	111	115

(1) en tenant compte du poids du contenu digestif, le même au début et en fin d'expérience : 1 kg de contenu par 6 kg de MS ingérée.

matériel et en matières premières devrait être également possible dans la mesure où le mélange urée / spathes est homogène et bien maîtrisé.

Les spathes traitées (NH_3 et urée) sont très bien consommées par les bovins. Elles peuvent constituer la fraction principale (75 à 85 p.100) de rations hivernales pour des génisses en croissance. Une complémentation par kg de pulpes de betteraves déshydratées permet d'assurer des croissances de 600 à 700 g / jour. Cette complémentation aurait fort bien pu être effectuée avec une quantité équivalente de céréales à défaut de disponibilité en pulpes déshydratées.

Certaines recherches restent encore à effectuer et certains résultats doivent être précisés :

- concernant les aspects zootechniques, des essais d'alimentation vont être conduits pendant la saison hivernale 1985-86 afin de définir les conditions optima d'utilisation du produit traité par différentes catégories d'animaux : vaches allaitantes en fin de gestation - début de lactation, vaches laitières en production, génisses laitières et à viande de 1 et 2 ans, brebis en gestation / lactation,

- concernant les aspects conservation il convient, d'une part de chercher à réduire les quantités d'NH_3 et d'urée à un minimum compatible avec une bonne conservation, d'autre part de tester l'efficacité d'autres produits de stabilisation tels que les fongicides, l'acide propionique... ; des essais ont été mis en place dans ce sens sur les spathes de la campagne 1985.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier la coopérative Limagrain (Chappes, BP 51, 63360 Gerzat), en particulier MM. BERGEROT, GIRAUD et MATHE d'avoir bien voulu solliciter le Laboratoire des Aliments de l'INRA de Theix pour cette étude et d'avoir mis à notre disposition les moyens nécessaires à la réalisation du programme de recherches.

Nous remercions également la Station du CEMAGREF de Montoldre (03150 - Varennes-sur-Allier), en particulier MM. ZWAENEPOEL et BEAULIEU, qui ont bien voulu mettre à notre disposition le personnel et les moyens permettant de traiter les spathes par le système « ARMAKO ».

Nous remercions enfin M. LE BARS du Laboratoire de Toxicologie, INRA-Toulouse pour les déterminations de moisissures qu'il a bien voulu faire.

Références bibliographiques

CHENOST M., DULPHY J.P., 1986. Amélioration de la valeur alimentaire (composition, digestibilité, ingestibilité) des mauvais foins et des pailles par les différents types de traitements. XVI[èmes] Journées du Grenier de Theix. Clermont-Ferrand, 21-22-23 mai 1985 (sous presse).

DEMARQUILLY C., 1979. Valeur nutritive et utilisation des sous-produits de la culture du maïs. *BTI,* 343-344. P, BOV.-OV.-339, 411-420.

MORRIS P.J., MOWATT D.N., 1980. Nutritive value of ground and / or ammoniated corn stover. *Can. J. anim. Sci.,* **60,** 327-336.

N.A.S., 1971. Atlas of nutritional data on United States and Canadian feeds. National Academy of Sciences. Washington. USA.

SAENGER P.F., LEMENAGER R.P., HENDRIX K.S., 1982. Anhydrous ammonia treatment of corn stover and its effects on digestibility, intake and performances of beef cattle. *J. anim. Sci.,* **54** (2), 419-425.

Une fiche technique provisoire a déjà été mise au point dans le cadre du groupe « sous-produits » du RNED. La suite des travaux engagés doit normalement conduire à la rédaction d'un document de synthèse sur ce nouveau produit.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1986 (64) 47-53

Etude du ressuage de muscles de bovins prélevés à chaud (1)

J.D. DAUDIN et J. CULIOLI

INRA-CRZV Theix, Station de Recherches sur la Viande, 63122 Ceyrat

I. Introduction

Au cours des quinze dernières années, la structure de la filière viande bovine s'est profondément modifiée en France. Alors que traditionnellement cette viande était commercialisée de manière quasi exclusive en carcasses expédiées de l'abattoir directement vers le professionnel détaillant qui prenait en charge le désossage et la découpe, la transformation industrielle s'est progressivement développée.

De 20 p.100 de la production intérieure en 1972, le pourcentage de carcasses de gros bovins transformées industriellement est passé à 47 p.100 en 1983. Compte-tenu du développement prévisible du désossage à chaud, rendu possible grâce à l'application de la stimulation électrique, il est raisonnable de penser que la découpe industrielle va encore progresser.

Sur le plan de la structure de la filière, ce phénomène se traduit non seulement par un transfert des activités de désossage et de découpe du petit commerce vers l'industrie mais aussi par un déplacement de ces activités sur les lieux de production et d'abattage avec une tendance de plus en plus marquée en faveur de l'intégration verticale.

Toutefois, les 3/4 de la transformation ne conduisent qu'à des produits intermédiaires (muscles non parés ou semi-parés conditionnés sous vide, viandes destinées à la préparation de produits carnés) et seulement 11 p.100 de la transformation industrielle conduisent à des produits finis de type steak en portions consommateurs. Afin de dégager le maximum de plus-value, l'industrie de la viande a intérêt à commercialiser les produits les plus élaborés possibles et donc à développer la production de portions consommateurs.

(1) Etude réalisée en collaboration avec la Société CHIRON S.A. dans le cadre d'un contrat DIAA nº 83/2R/27.

Ce type de production intéresse surtout les formes modernes de distribution (hyper et supermarchés) qui distribuent déjà 50 p.100 de la viande de bœuf en France. Toutefois, la production de portions consommateurs par des ateliers industriels situés sur le lieu d'abattage doit satisfaire à certaines exigences.

- Premièrement, les portions consommateurs doivent avoir une durée de vie suffisante pour que la maturation qui est de l'ordre de 8 à 10 jours à 2º C, puisse d'effectuer correctement. La distribution de portions consommateurs emballées sous-vide ou sous atmosphère contrôlée, techniques qui permettent des durées de conservation d'environ 2 semaines (ROSSET, 1982), se développe peu en France pour des raisons de coût de fabrication et de stockage et pour des raisons technologiques. En particulier, l'absence d'oxygène provoque le développement d'une coloration rouge sombre de la viande défavorable aux yeux de l'acheteur. D'autre part, l'emballage sous film perméable, moins coûteux, est mal adapté à la distribution de portions consommateurs élaborées à l'avance à cause de la faible durée de vie du produit (3 à 5 jours).

- Deuxièmement, les opérations conduisant de la carcasse aux divers produits finis doivent être réorganisées tout en diminuant les coûts.

Le désossage à chaud qui consiste à prélever les muscles peu de temps après l'abattage, en général avant même l'installation de la rigidité cadavérique, présente un certain nombre d'avantages économiques, en particulier la réduction des coûts de réfrigération et de stockage (CUTHBERTSON, 1980 ; KASTNER, 1983 ; CROSS et SEIDEMANN, 1985; HENRICKSON et ASGHAR, 1985). Associée à cette technique, la stimulation électrique des carcasses permet d'une part, de régrigérer rapidement les muscles désossés à chaud sans risque de durcissement au froid et d'autre part, d'accélérer le processus d'attendrissage, notamment grâce à une entrée en rigor plus précoce. Le refroidissement rapide n'est cependant pas le mieux adapté car il ralentit les phénomènes de maturation. Certains auteurs (FOLLETT *et al.*, 1974 ; SMULDERS *et al.*, 1984 ; PETAJA *et al.*, 1985) ont mis

en évidence une augmentation de la vitesse de maturation lorsque les muscles sont maintenus pendant quelques heures après le désossage à des températures élevées, ce qui peut-être bénéfique pour la commercialisation de produits à faible durée de vie.

Dans le cas de portions consommateurs, la découpe finale ne peut avoir lieu qu'après un stockage intermédiaire des muscles pendant plusieurs heures pour deux raisons : (1) les méthodes actuelles de parage et de découpe ne s'effectuent facilement qu'après l'installation de la *rigor mortis* ; (2) il est préférable, pour des raisons d'hygiène d'envisager un ressuage à température élevée sur des muscles entiers plutôt que sur des tranches. Pour ce stockage intermédiaire, l'emballage sous-vide présente un avantage sur le plan de l'hygiène et des pertes d'eau par évaporation. Toutefois, son coût élevé nous a conduit à envisager la réfrigération de muscles « non conditionnés ». L'étude entreprise comporte trois aspects :

a) l'évolution du profil de température des muscles est un paramètre essentiel de l'évolution *post-mortem* du muscle et donc de sa tendreté finale. Ce paramètre influence aussi bien l'installation de la *rigor mortis* (DUTSON et PEARSON, 1985) que la maturation qui est sous la dépendance d'enzymes protéolytiques (PENNY, 1980).

Nous avons donc mesuré les cinétiques de refroidissement de différents muscles dans des conditions de réfrigération variées;

b) les pertes de poids intervenant pendant les opérations d'abattage, de découpe, de réfrigération et de stockage ont des conséquences économiques capitales pour l'industrie de la viande. Elles conditionnent les possibilités d'application de tout nouveau procédé.

Dans le cas de la réfrigération de muscles isolés sans conditionnement, les pertes de poids provoquées par l'évaporation de l'eau doivent être évaluées. Les cinétiques de pertes de poids ont donc été mesurées pour différents muscles et diverses conditions de réfrigération ;

c) la durée de vie des portions consommateurs est fonction non seulement du mode de conditionnement et des températures de stockage mais aussi de leur contamination microbienne avant emballage. Celle-ci dépend principalement de l'évolution de la température et de l'activité de l'eau à la surface des muscles qui déterminent le développement microbien pendant le stockage intermédiaire. L'analyse des cinétiques de refroidissement et de perte de poids doit permettre de caractériser les phénomènes physiques qui interviennent et par la suite, de prédire l'évolution des propriétés physiques de la surface des muscles.

II. Conditions expérimentales

Animaux

Huit vaches de réforme de race Frisonne de plus de cinq ans ont servi à l'expérimentation. Le poids de leurs carcasses était compris entre 263 et 334 kg.

Prélèvement des muscles

- Au temps T0 l'animal était abattu et immédiatement saigné.

- 10 minutes *post-mortem* la carcasse entière était stimulée en basse tension dans les conditions suivantes : tension 100 volts crête, inversion du signal à chaque impulsion, fréquence des impulsions 12.5 Hz, 2 fois une minute séparées par un repos d'une minute.

- Les animaux ont été divisés en 2 lots. Dans le lot 1, le désossage débutait 1 heure *post-mortem.* Dans le lot 2, le désossage débutait 5 h 30 *post-mortem,* après ressuage des carcasses à la température de 10° C. Les muscles Long Dorsal (LD, faux filet), Demi Membraneux (DM, tende de tranche) et Gros Ancone (GA, boule de macreuse) étaient prélevés sur chaque demi-carcasse. 30 minutes après le début du désossage, ils étaients pesés puis suspendus dans une cellule de réfrigération jusqu'à 24 heures *post-mortem.*

Cellule de réfrigération

Elle était constituée par un caisson parallélépipédique (1 × 1 × 1,5 m) dans lequel de l'air conditionné en vitesse, température et humidité circulait de bas en haut (fig. 1).

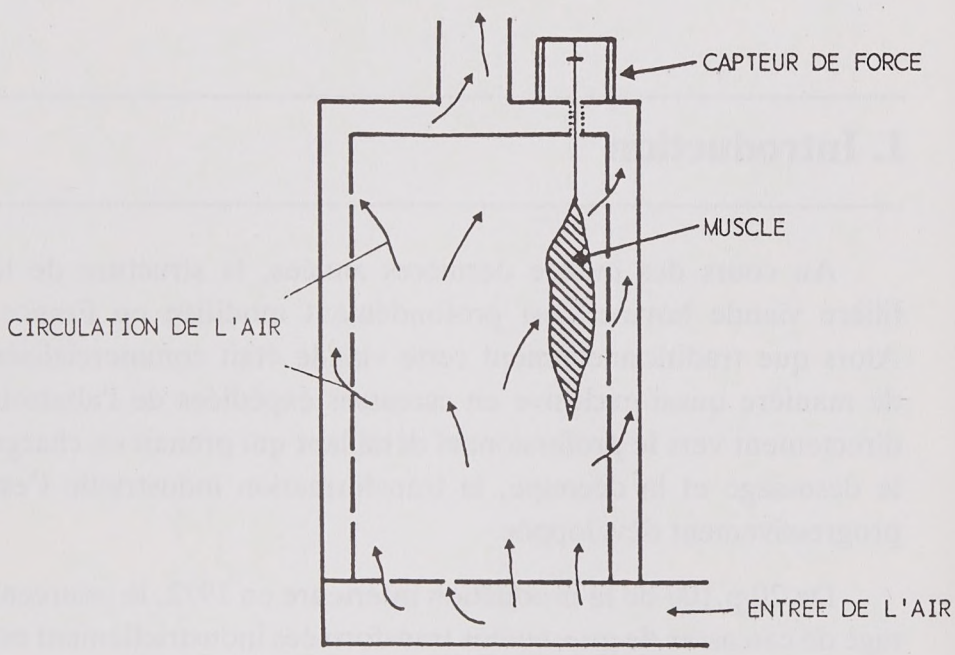

FIG. 1 : *Cellule de réfrigération*

Conditions de réfrigération

Les températures de réfrigération ont été choisies en fonction des résultats de la littérature. En effet, CULIOLI *et al.* (1984), HONIKEL *et al.* (1984) et SMULDERS *et al.* (1984), notamment, ont montré, dans le cas du bœuf et du porc, qu'un stockage des muscles aux environs de 15° C pendant quelques heures après désossage à chaud a un effet bénéfique sur leur capacité de rétention d'eau et sur leur tendreté.

Les premiers essais ont donc été réalisés respectivement à 15° C et 20° C. Des humidités relatives de l'air élevées ont été retenues afin de limiter les pertes d'eau. Le tableau 1 résume pour chaque essai l'état des muscles, paré ou non paré, ainsi que la température et l'humidité relative de l'air. La vitesse de l'air était pour tous les essais de 0,2 m / s.

Enregistrements des températures et des pertes de poids

Les cinétiques de refroidissement des muscles, provenant de la moitié gauche de la carcasse, étaient mesurées au moyen de deux thermocouples piqués dans le muscle. Le premier placé au

« centre géométrique » donnait la température à cœur (Tc). Le deuxième, à environ 1 mm de la surface, donnait la température dite de surface (Ts).

Chacun des trois muscles provenant de la moitié droite de la carcasse était suspendu par un cable à un dispositif équipé d'un capteur de force situé à l'extérieur de la cellule (fig. 1). Les cinétiques de pertes d'eau par évaporation étaient calculées à partir de cette mesure en continu du poids des muscles.

III. Résultats

1. Cinétiques de refroidissement

Les résultats de 3 essais caractéristiques sont donnés sur la figure 2.

Il apparait, en toute logique, que la température initiale des muscles est d'autant plus basse que le prélèvement est éloigné de l'abattage et que le muscle est proche de la surface de la carcasse. Ainsi, les températures initiales du Demi-Membraneux (muscle interne de la cuisse) prélevé 1 h *post-mortem* (essai 1) et du Long Dorsal (muscle externe du dos) prélevé 5 h 30 *post-mortem* (essai 6) sont respectivement de 35° C et 15° C.

Malgré cette différence, les courbes de refroidissement ont toutes la même allure quels que soient le muscle et l'essai considérés. Il est possible, à l'aide de ces courbes, de définir deux périodes successives :

a) une période de refroidissement pendant laquelle la température du muscle diminue. Sa durée est fonction des propriétés de l'air, de la masse, de la forme et de la température initiale des muscles. L'écart entre la température du « centre » (Tc) et celle de la surface (Ts) qui peut être de 10° C au début, se réduit pour s'annuler à la fin du refroidissement. Contrairement aux muscles GA et DM, le profil interne de température du LD est plat à cause de sa faible épaisseur : l'écart entre Tc et Ts est faible ;

b) une période de maintien en température pendant laquelle Tc et Ts sont constantes et égales. La valeur de ces dernières est inférieure à la température de l'air. Elle est fixée par les propriétés de l'air et l'activité de l'eau à la surface du muscle. Comme la température de surface est égale à la température humide de l'air, l'activité de l'eau à la surface des muscles est égale à 1 au cours de cette période.

Les cinétiques de refroidissement de muscles isolés se différencient de celles obtenues sur des carcasses entières (LETANG *et al.*, 1983 ; CULIOLI *et al.*, 1984) sur deux points :

TABLEAU 1

Descriptif des essais et pertes de poids 24 h post mortem

MUSCLE	PARAGE	NUMERO D'ESSAI	AIR TEMPERATURE(°C)	AIR HR (%)	PERTE DE POIDS(%)
LD*	OUI	1	15	83	4.8
	OUI	2	15	88	4.0
	OUI	3	20	88	3.9
	OUI	4	20	95	2.3
	NON	5	20	95	2.2
LD**	NON	6	15	83	3.0
	NON	7	15	88	2.4
	NON	8	20	88	2.4
GA*	OUI	1	15	83	4.1
	OUI	2	15	88	3.2
	OUI	3	20	88	2.8
	OUI	4	20	95	2.3
	NON	5	20	95	2.0
GA**	NON	6	15	83	2.5
	NON	7	15	88	1.6
	NON	8	20	88	2.5
DM*	OUI	1	15	83	3.2
	OUI	2	15	88	3.4
	OUI	3	20	88	2.7
	OUI	4	20	95	1.8
	NON	5	20	95	1.8
DM**	NON	6	15	83	2.8
	NON	7	15	88	1.8
	NON	8	20	88	2.0

* Muscles prélevés 1 h post mortem (group 1) et ** 5 h 30 post mortem (group 2)

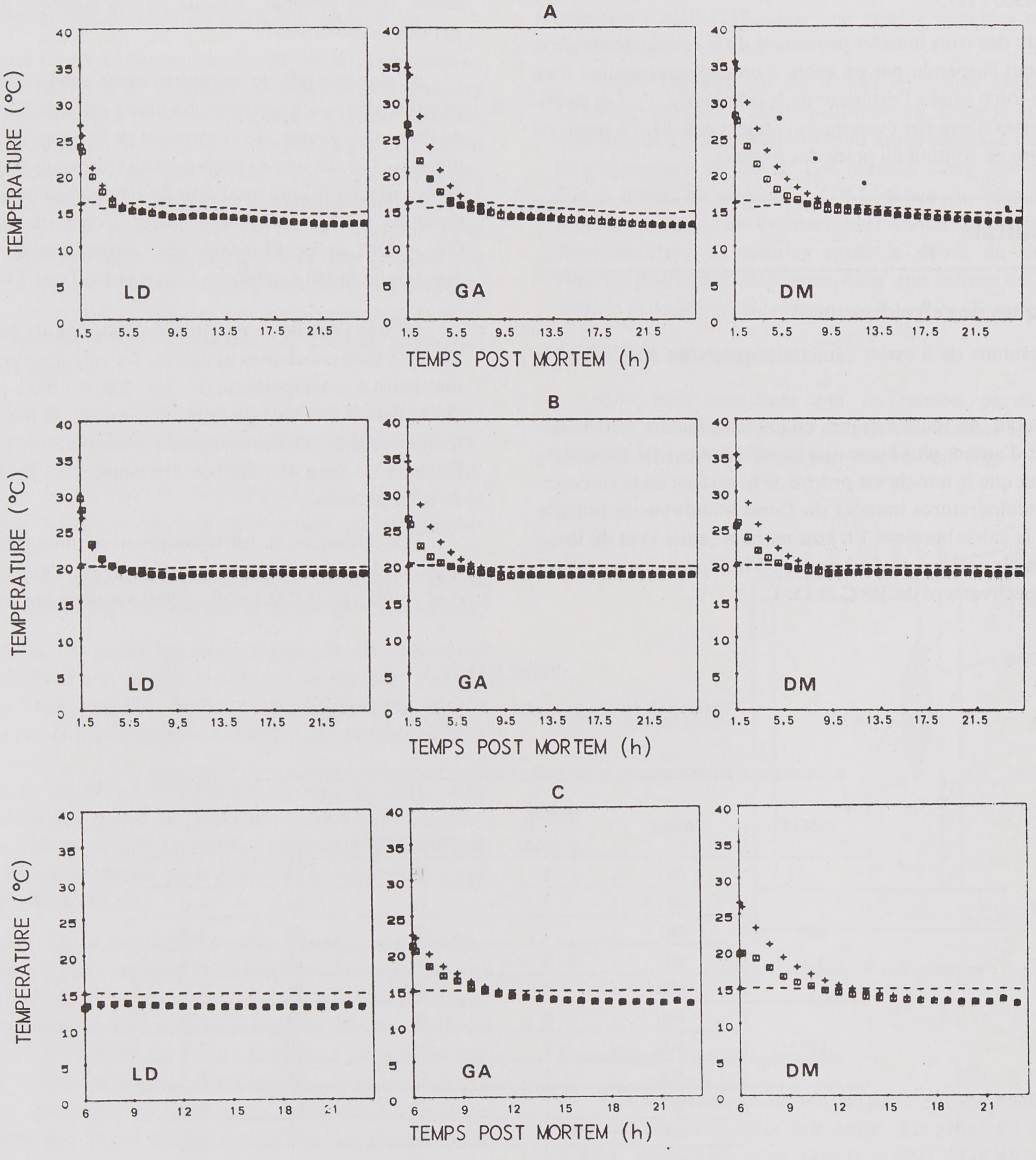

FIG. 2 : *Cinétiques de refroidissement*

A : ESSAI 1 : 15 °C , 83 % , 0.2 m/s , PRELEVES 1H POST MORTEM

B : ESSAI 3 : 20°°C , 88 % , 0.2 m/s , PRELEVES 1H POST MORTEM

C : ESSAI 6 : 15 °C , 83 % , 0.2 m/s , PRELEVES 5H30 POST MORTEM

– TEMPERATURE DE L'AIR , + TEMPERATURE AU COEUR DES MUSCLES

⊡ TEMPERATURE A LA SURFACE DES MUSCLES

● TEMPERATURE A COEUR DU MUSCLE D.M. CONDITIONNE SOUS VIDE (FOLLETT et al.,1974)

- la vitesse de refroidissement est nettement plus élevée car l'inertie thermique d'un muscle isolé est beaucoup plus faible. Ceci est dû au fait que le rapport surface d'échange sur volume est plus grand ;

- la différence entre les cinétiques de refroidissement de deux muscles comme le LD (muscle externe) et le DM (muscle interne) est considérablement plus petite lorsque l'on traite des muscles isolés. La réfrigération de muscles isolés permet donc une meilleure maîtrise du procédé et une plus grande homogénéité de traitement.

Les résultats de FOLLETT *et al.* (1974) concernant le refroidissement du muscle DM de bovin, prélevé 1 heure *post-mortem,* conditionné sous vide et refroidi dans l'air à 15° C, montrent(fig. 2a) que la vitesse de refroidissement est plus élevée en absence d'emballage car l'évaporation superficielle de l'eau contribue à augmenter le transfert de chaleur à la surface du muscle.

2. Cinétiques de pertes de poids

Les résultats des essais sont présentés sur la figure 3a pour les muscles prélevés 1 h *post-mortem* (groupe 1) et sur la figure 3b pour les muscles prélevés 5 h 30 *post-mortem* (groupe 2). Les variations de la quantité d'eau perdue, exprimée en pourcentage du poids du muscle avant réfrigération, sont portées en fonction du temps de stockage jusqu'à 24 heures *post-mortem.*

Comme pour les cinétiques de refroidissement, les courbes de perte de poids peuvent être divisées en deux périodes distinctes. La séparation entre les deux périodes est particulièrement nette pour les muscles prélevés 1 h *post-mortem* (fig. 3a). Pendant la première période qui correspond exactement à la période de refroidissement, la vitesse de perte d'eau, égale à la pente de la courbe, est élevée au départ puis diminue progressivement. Bien que cette période soit relativement courte, la quantité d'eau éliminée est très importante. Pour les muscles du groupe 1, elle s'élève à 30 à 45 p.100 de la perte totale pour le LD, 45 à 50 p.100 pour le GA et 50 à 70 p.100 pour le DM. Cette différence entre les muscles s'explique par des vitesses de refroidissement différentes.

Aucune perte de jus par exsudation n'a été observée pendant le stockage dans la cellule de refroidissement. Il convient donc d'attribuer la perte de poids uniquement à l'évaporation de l'eau à la surface des muscles. Ce phénomène peut être décrit par une équation de transfert de matière entre un fluide en mouvement turbulent en contact avec la surface d'un solide :

$$\Delta m = A\beta (Ps - Pa) \Delta t$$

avec $Ps = a_{w,s}.P's$ et $Pa = i.P'a$

Δm : Quantité d'eau éliminée pendant l'intervalle de temps Δt

A : Surface de contact entre l'air et le muscle

β : Coefficient de transfert de matière entre l'air et le muscle.

P'a et P's : Pressions de vapeur d'eau saturante respectivement à la température de l'air et de la surface du muscle

Pa et Ps : Pressions partielles de vapeur d'eau respectivement dans l'air ambiant et à la surface du muscle

i : humidité relative de l'air ambiant

$a_{w,s}$: activité de l'eau à la surface du muscle.

En première approche, on peut admettre qu'au cours d'un essai les paramètres suivants sont constants : (1) la surface du muscle, (2) le coefficient de transfert de matière β qui dépend uniquement de l'écoulement du fluide autour du muscle et par conséquent, de la vitesse de l'air et (3) la pression partielle de vapeur d'eau dans l'air Pa qui est fixée par la température de l'air et par son humidité relative. Pour un essai, la vitesse de perte d'eau $\Delta m / \Delta t$ est donc strictement dépendante de la valeur de la pression partielle de vapeur d'eau à la surface du muscle Ps. Ce paramètre étant une fonction fortement croissante de la température, la vitesse de perte d'eau est d'autant plus grande que la température de surface est élevée. Elle se stabilise ensuite quand la la température de la surface du muscle atteint un palier.

Pour des températures et des humidités de l'air différentes, la vitesse de perte d'eau est fonction du facteur de potentialité (Ps - Pa). Ce dernier a été calculé pour quelques cas dans le tableau 2 en faisant l'hypothèse que $a_{w,s}$ est égale à 1. Ce facteur est 15 à 20 fois plus grand au début du refroidissement (950 à 1670) que pendant la période de maintien en température (40 à 90). Il apparaît donc que la température de l'air joue un rôle majeur pendant la période de refroidissement alors que l'humidité relative de l'air est principalement responsable des différences observées pendant la période de maintien en température. Par exemple, les muscles LD de groupe 2 qui ont été stockés dans la cellule uniquement pendant la période de maintien en température présentent des différences de perte de poids entre les essais 15° C, 83 p.100 et 15° C, 88 p.100 mais aucune différence entre les essais 20° C, 88 p.100 et 15° C, 88 p.100 (fig. 3b).

TABLEAU 2

Valeur de la différence de pression partielle de vapeur d'eau entre la surface du muscle et l'air ambiant (Ps - Pa) exprimée en Pascals

Propriétés de l'air	Ta = 20 °C HR = 95 %	Ta = 20 °C HR = 88 %	Ta = 15 °C HR = 88 %
Période			
Refoidissement (surface du muscle à 25°C)	946	1 110	1 667
Maintien en température	39	86	74

Les pertes de poids totales mesurées 24 heures *post-mortem* sont indiquées dans le tableau 1. Les valeurs élevées de la température et de l'humidité conduisent à des valeurs faibles du facteur (Ps - Pa), ce qui permet de réduire les pertes de poids. Il apparait de plus que pour des conditions de réfrigération identiques les pertes d'eau sont d'autant plus élevées que le rapport surface d'échange sur volume est grand. Ainsi, les pertes d'eau vont croissant dans l'ordre DM, GA, LD.

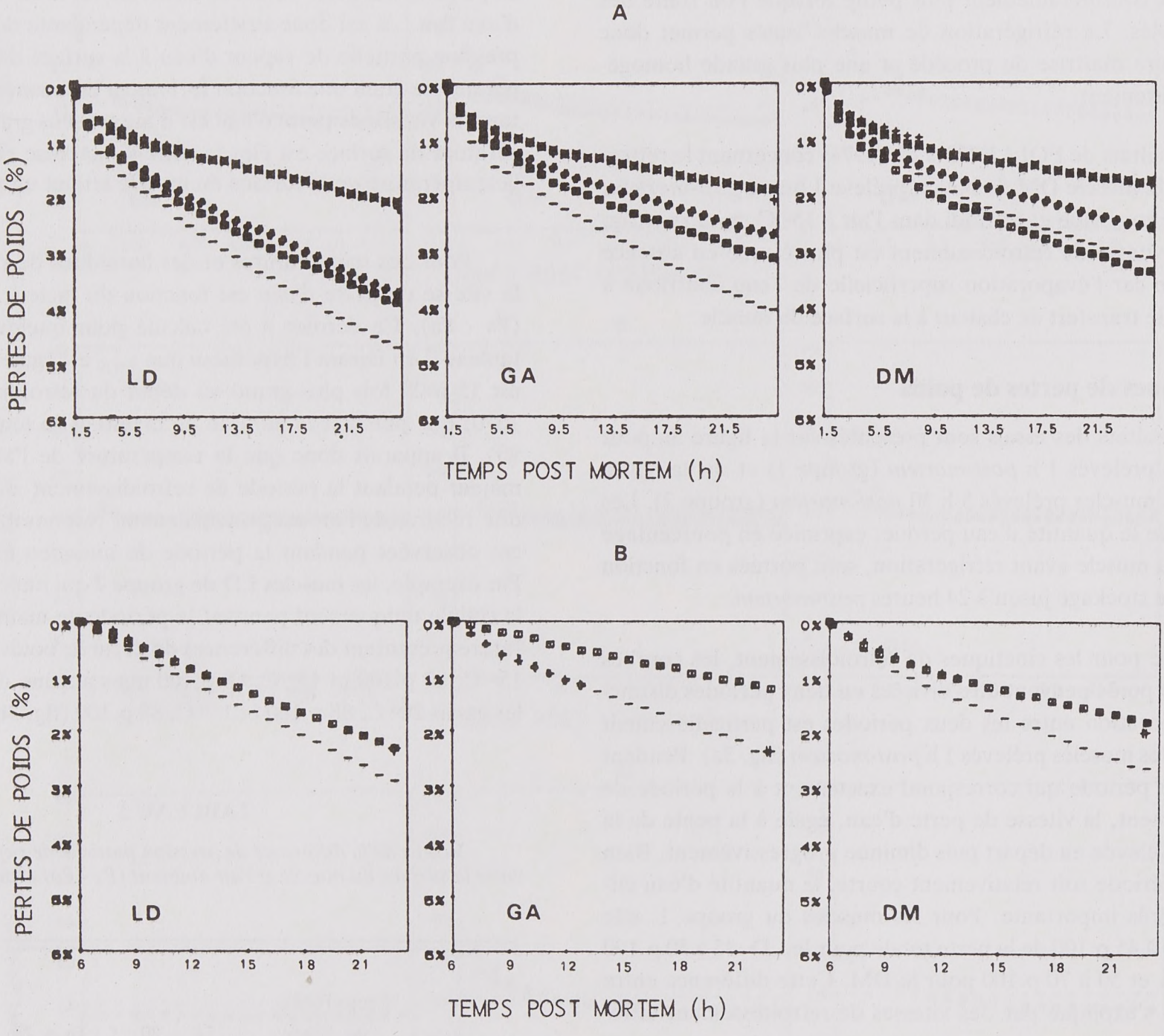

FIG. 3 : *Cinétiques de perte d'eau des muscles*

A : MUSCLES PRELEVES 1H POST MORTEM

B : MUSCLES PRELEVES 5H30 POST MORTEM

− 15°C , 83 % ; ⊡ 15°C , 88 % ; # 20°C , 88 % ; + 20°C , 95 % ;

⌑ 20°C , 95 % , NON PARE.

Pour comparer, en toute rigueur, les pertes d'eau des muscles du groupe 1 et 2, il faut tenir compte de la perte d'eau subie par les muscles du groupe 2 pendant le ressuage en carcasse. Cette dernière est malheureusement impossible à mesurer. Toutefois, il peut être admis que des muscles internes comme le GA et le DM ne perdent pas d'eau pendant le ressuage en carcasse puisque LOVETT *et al.* (1978) ont montré que seule une épaisseur de quelques millimètres est concerné par le séchage. On peut donc conclure qu'un désossage à 5 h 30 *post-mortem* est plus intéressant qu'un désossage 1 h *post-mortem* du point de vue des pertes d'eau.

Il n'a pas été observé de différences de pertes de poids entre muscles parés et non parés réfrigérés dans les mêmes conditions. Ce résultat est surprenant et doit être confirmé par une expérimentation sur un grand nombre de muscles. En effet, il est généralement admis que le gras et le tissu conjonctif sont des barrières au transfert d'eau ; les travaux réalisés sur carcasses ont d'ailleurs montré que les pertes de poids sont plus faibles lorsque l'état d'engraissement est plus important (STEVENSON *et al.*, 1978).

IV. Discussion - Conclusion

Le facteur de potentialité (Ps - Pa) a été déterminé en considérant que l'activité de l'eau à la surface des muscles demeure constante et égale à 1 pendant toute la période de stockage. En fait, cette activité de l'eau évolue. Dès le début du refroidissement elle décroit pour atteindre des valeurs qui peuvent être inférieures à 0,7. Elle remonte ensuite jusqu'à la valeur 1 après quelques heures (DAUDIN, 1986). Ce phénomène a d'ailleurs été mis en évidence par les expérimentations de HERBERT *et al.* (1978) et de LOVETT *et al.* (1978) conduites sur des tranches de muscles de mouton. Cette chute de l'activité de l'eau à la surface des muscles au début de la période de réfrigération présente un intérêt sur le plan microbiologique car elle permet de limiter la croissance des microorganismes au moment où la température des muscles est la plus élevée. Par exemple, la croissance des bactéries Gram- est inhibée pour des valeurs de l'activité de l'eau inférieure à 0.95 (ROSSET, 1982). Par rapport à la réfrigération en carcasse, le traitement de muscles désinsérés à chaud permet de réduire les écarts ente les cinétiques de refroidissement des muscles situés en divers points de la carcasse et va donc dans le sens d'une meilleure maitrise de la maturation. La réfrigération de ces muscles non conditionnés permet de faire l'économie de l'emballage sous vide mais entraîne des pertes d'eau par évaporation. Il est raisonnable d'espérer des pertes d'eau moins importantes que celles obtenues lors de nos premiers essais en optimisant les propriétés de l'air (vitesse, température et humidité).

Les connaissances acquises par une étude sur la réfrigération des muscles de bovins désossés à chaud, dont nous avons présenté les premiers résultats dans cet article, doivent être replacées dans le cadre plus large de la réfrigération des viandes après l'abattage, les produits ayant d'autres dimensions (carcasse, quartier, ensemble de muscles) et / ou provenant d'autres espèces (porc, mouton, lapin etc...). Ce travail doit donc être poursuivi en mettant l'accent sur la compréhension et la modélisation des transferts de chaleur et de matière qui interviennent pendant la réfrigération.

D'après J.D. DAUDIN and J. CULIOLI. Chilling of hot boned muscles : cooling and weight loss kinetics. Présenté au CEE Workshop « Accelerated processing », Rome, octobre 1985.

Références bibliographiques

CROSS H.R., SEIDEMAN S.C., 1985. Use of electrical stimulation for hot boning of meat. Advances in meat research, vol. I, chap. 5, p.159-183, AVI publishing company, Westport.

CULIOLI J. *et al.*, 1985. Analyse des caractéristiques physico-chimiques de la viande au cours de l'installation de la *rigor mortis* et des conséquences pour le traitement technologique des viandes. Convention D.I.A.A. nº R 82 / 19.

CUTHBERTSON A., 1980. Hot processing of meat : a review of the rational and economic implications. Developments in meat science-1, chapter 3, p. 61-88. Applied Science Publishers, 254 p.

DAUDIN J.D., 1986. Calculation of water activity on the surface of hot boned muscles during chilling. IIR, Commission C2, Meat Chilling. Bristol, sept. 1986.

DUTSON T.R., PEARSON A.M., 1985. *Post-mortem* conditionning of meat. Advances in meat research, vol. I, chap. 2, p.45-72. AVI Publishing Company, Wesport.

FOLLETT M.J., NORMAN G.A., RATCLIFF P.W., 1974. The anterigor excision and air cooling of beef semimembranosus muscles at temperatures between +5º C and +15º C. *J. Food Technol.*, **9,** 509-523.

HENRICKSON R.L., ASGHAR A., 1985. Cold storage energy aspects of electrically stimulated hot boned meat. Advances in meat research, Vol. I, chap.8, p. 237-276. AVI Publishing Company, Wesport.

HERBERT L.S., LOVETT D.A., RADFORD R.D., 1978. Evaporative weight loss during meat chilling. *Food Technol. Australia,* **30,** 145-148.

HONIKEL K.O., KIM C.J., HAMM R., 1984. The influence of temperature on *post-mortem* changes in porcine muscles. *30th European Meeting of Research Meat Workers,* Bristol, 3, 1.

KASTNER C.L., 1983. Optimal hot-processing systems for beef. *Food Technol.,* **37,** 96-104.

LETANG G., SORNAY J., VALIN C., 1983. Influence du poids, de la conformation et de l'état d'engraissement des carcasses de gros bovins sur leur vitesse de réfrigération. *Ind. aliment. agric.,* **100,** 607-611.

LOVETT D.A., HERBERT L.S., RADFORD R.D., 1978. Carcass chilling, experimental investigation of weight loss from lean meat. *Int. J. Refrig.,* **1,** 33-37.

PENNY I.F., 1980. The enzymology of conditioning. Developments in meat science, 1, chapter 5, p. 115-143. Applied science publishers, 254 p.

ROSSET R., 1982. Chilling, Freezing and Thawing. In Meat microbiology, Chap. 8, Applied Science Publishers.

SMULDERS F.J.M., KORTEKNIE F., WOOLTHUIS C.H.J., EIKELENBOOM G., 1984. The effect of early *post-mortem* storage conditions on sensory and bacteriological quality of electrically stimulated, hot boned beef Longissimus. *30th European Meeting of Meat Research Workers,* Bristol, 2, 13.

STEVENSON K.E., MERKEL R.A., LEE H.C., 1978. Effect of chilling rate, carcass fatness and chlorine spray on microbiological quality and case life of beef. *J. Food Sci.,* **43,** 849-852.

PETAJA E., KUKKONEN E., PUOLANNE E., 1984. Effect of *post-mortem* temperature on beef tenderness. *Meat Sci.,* **12,** 145-154.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1986 (64) 55-58

Etude de la puberté chez la génisse Salers Influence de certains paramètres de l'environnement

D. GAUTHIER, F. NEROT, J.P. GAREL* et M. PETIT

INRA-CRZV Theix, Laboratoire de l'Elevage bovin, 63122 Ceyrat
** INRA Domaine expérimental de Marcenat, 15190 Condat*

La puberté ou apparition de l'ovulation et la cyclicité ou maintien de ces ovulations, conditionnent chez les génisses l'âge au premier vêlage et la productivité en veaux. Or de nombreux facteurs de l'environnement contrôlent ces 2 états physiologiques : niveau alimentaire et croissance (WILTANK *et al.*, 1966; SHORT et BELLOWS, 1971), photopériode et saison (HAUSER, 1984), température (DALE, RAGSDALE et CHENG, 1959)... Sous nos latitudes le niveau d'alimentation et la durée d'éclairement semblent être les principaux régulateurs (ORTAVANT *et al.*, 1985). Il nous a donc paru important d'en étudier l'influence sur les races bovines françaises. C'est pourquoi nous avons voulu décrire l'activité ovarienne des génisses Salers élevées en zone de montagne et analyser les interactions entre la saison et la croissance sur cette activité.

I. Conditions expérimentales

Ces études ont été réalisées au domaine expérimental de l'INRA dans le Cantal (Marcenat, 1000 m d'altitude). La durée possible de pâturage est d'environ 6 mois (mai à octobre).

Les femelles étudiées sont des génisses de race Salers élevées sur le domaine. Elles proviennent toutes d'un troupeau allaitant.

Les naissances ont lieu de décembre à mars. Fin avril - début mai, les jeunes suivent les mères au pâturage. Ils sont sevrés lors de la rentrée à l'étable en octobre. Les animaux sevrés passent l'hiver en stabulation libre ou entravée et sont pesés tous les mois. Ils reçoivent une alimentation variable, permettant une croissance variant de 200 à 800 g/jour selon les régimes.

L'activité ovarienne des génisses à un moment donné est appréciée à l'aide de l'étude de la progestéronémie de deux prélèvements sanguins réalisés à 10 jours d'intervalle (THIMONIER, 1978). Deux cent soixante douze génisses ont ainsi subi ce test à un ou plusieurs moments entre les âges de 8 et 19 mois (tabl. 1). Il en est de même pour 260 génisses entre 20 et 26 mois (tabl. 2), 145 d'entre elles ayant déjà subi au moins un test entre 8 et 19 mois.

TABLEAU 1

Description des mesures réalisées entre le sevrage et 19 mois d'âge

Année d'étude	Nombre de femelles	Nombre de tests
1974 1975	49 57	un test à 14 mois
1976	62	un test par mois du 15-03 au 15-07
1978 1979	47 57	un test en Avril en Juin et en Octobre

Une femelle est considérée comme ayant ovulé (test positif) à partir du moment où au moins l'une des deux prises de sang réalisées à 10 jours d'intervalle présente un niveau de progestérone plasmatique supérieur à 1 ng/ml (THIMONIER, 1978).

Pour toutes les femelles, il est déterminé un âge et un poids (par intrapolation des pesées mensuelles) à chaque test réalisé.

Pour la première période (8-19 mois), les pourcentages de femelles cycliques par classe d'âge ou de poids ont été calculés de la manière suivante :

- les génisses, n'ayant eu que des tests négatifs durant leur période de contrôle, sont considérées non cycliques pendant cette période (donc pour les âges, poids, saisons correspondant) et également non cycliques pour la période précédant le 1er test (du sevrage au 1er test) puis éliminées des analyses pour la période postérieure au dernier test (du dernier test à 19 mois) ;

- les génisses ayant eu un test positif dès leur premier contrôle sont considérées cycliques à ce contrôle et jusqu'à la fin de la 1ère période d'étude (19 mois) mais sont éliminées des analyses pour les périodes précédant ce 1er test (du sevrage au 1er test) ;

- les autres génisses sont considérées non cycliques du sevrage à la date moyenne entre leur dernier test négatif et leur premier test positif, puis cycliques de cette date à la fin de la 1ère période.

TABLEAU 2

Description des mesures réalisées entre 20 mois et 26 mois

Année d'étude	Nombre de femelles	Nombre de tests
1975	22	un en mars
1976	57	un par mois du 15-12-1975 au 12-3-76
1977	52	un en mars
1979	32	un début janvier et un fin février
1980	31	un fin février
1981	66	un en avril

II. Résultats

1. Génisses de 8 à 19 mois

Toutes les données ont été analysées indépendamment de l'année d'observation, après avoir vérifié qu'il n'y avait pas d'effet significatif de l'année sur les différents paramètres étudiés.

a) Cyclicité, poids, âge

Pour l'ensemble des observations regroupées en fonction du poids vif (par classes de 10 kg), le taux de femelles cycliques varie de 0 à 15 p.100, entre 210 et 320 kg, puis augmente rapidement, de 15 à 94 p.100, entre 320 et 400 kg en passant par 50 p.100 à 349 kg. Il n'atteint 100 p.100 qu'au delà de 460 kg (fig. 1).

Pour l'ensemble des données regroupées en fonction de l'âge (classes de 30 jours), le taux de femelles cycliques varie de 0 à 9 p.100 entre 11 et 14 mois, puis augmente rapidement de 9 à 85 p.100, entre 14 et 18 mois ; 50 p.100 des femelles sont cycliques à 15,8 mois et 100 p.100 après 19 mois.

Au poids vif de 350 kg, les femelles ayant eu une croissance depuis le sevrage supérieure à 600 g/j ont 39 p.100 de chance d'être cycliques, ce pourcentage est de 55 pour les autres femelles ($P < 0,05$). La corrélation entre le taux de cyclicité calculé pour chaque classe de poids et la moyenne de poids de cette classe est plus faible ($P < 0,05$) pour les animaux à forte croissance (GMQ > 600 g ; $r = 0,53$) que pour ceux à croissance modérée ($r = 0,94$).

b) Cyclicité, saison

- *Saison de naissance*

Pour un même poids de 350 kg, le taux de cyclicité est plus faible pour les femelles nées avant le 20 février (44 p.100) que pour celles nées après cette date (64 p.100 ; $P < 0,05$). De même à un âge de 480 jours, les pourcentages de femelles cycliques sont de 38 et 75 ($P < 0,05$) respectivement pour celles nées avant et après le 20 février. Les croissances au cours de la période de stabulation suivant le sevrage n'étaient pas différentes entre les deux groupes d'animaux (0,46 et 0,48 kg/j).

- *Saison d'observation*

Le pourcentage de femelles cycliques pour une classe de poids donnée varie significativement avec la saison (tabl. 3 ; $P < 0,01$). Quelle que soit la classe de poids, ce pourcentage est faible au cours des premiers mois de l'année (janvier à avril), puis augmente rapidement en mai-juin, surtout pour les femelles dont le poids est compris entre 310 et 390 kg.

2. Génisses de 20 à 26 mois

Sur les 260 femelles, ayant subi au moins un test d'activité ovarienne, 230 sont cycliques et 30 sont encore en anœstrus entre 20 et 26 mois (11,5 p.100).

Pour les 145 génisses ayant eu un test entre 8 et 19 mois puis à nouveau entre 20 et 26 mois :

- 3 n'ont jamais présenté d'activité ovarienne cyclique (2 p.100),

- 15 (10 p.100) sont retombées en anœstrus après avoir été cycliques avant 20 mois.

III. Discussion et conclusion

Chez la génisse Salers née en hiver, l'activité ovarienne s'établit à 16 mois environ (50 p.100 de femelles cycliques dans la population) ce qui correspond à 350 kg de poids vif, soit 55 à 60 p.100 du poids adulte (mesuré dans le même troupeau). Ces chiffres traduisent une précocité sexuelle moyenne pour une race allaitante (ROY, GILLIES et SHOTTON, 1975 ; LASTER *et al.*, 1979).

Les génisses nées tôt en saison sont pubères à un âge et à un poids plus élevés que les autres génisses. Cet effet ne peut pas être attribué à une différence de niveau d'alimentation puisque les gains moyens quotidiens de ces deux types de femelles sont identiques après sevrage. Il faut donc admettre un effet propre de la saison de naissance. Tout se passe comme si, lorsque les femelles nées précocement atteignent l'âge et le poids théoriques de la

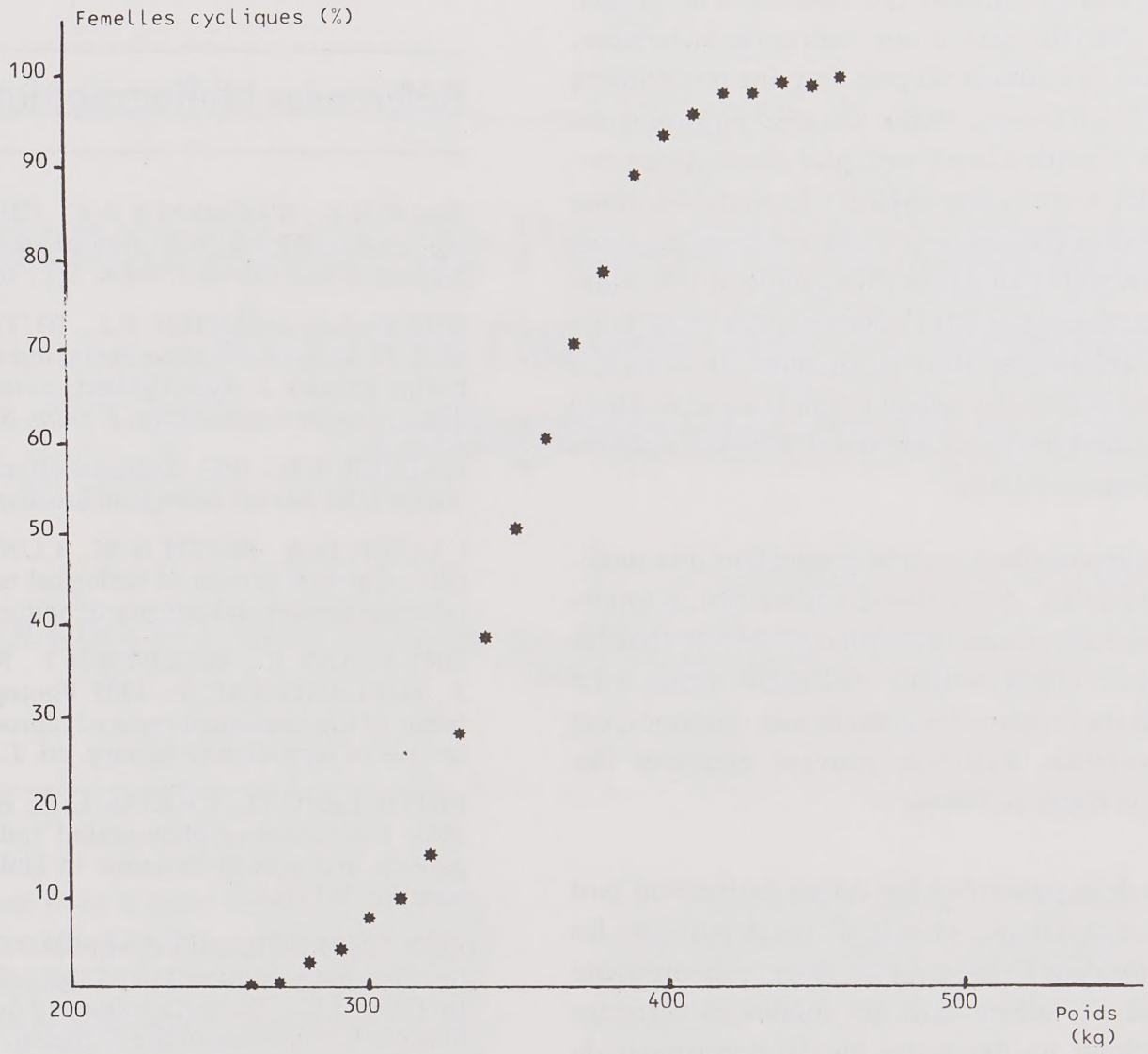

FIG. 1 : *Evolution, en fonction du poids, du pourcentage de génisses Salers cycliques*

TABLEAU 3

Pourcentage de femelles cycliques en fonction de la saison et du poids

Saison (jour calendaire) / Poids (kg)	⩽ 60 Jan-Fév	61-120 Mars-Avril	121-180 Mai-Juin	181-240 Juillet-Août	> 240 Sept à Déc
⩽ 270	0 (8)	4 (28)	0 (29)		
271-310	0 (12)	6 (87)	23 (65)		
311-350	13 (16)	18 (122)	53 (102)	72 (18)	
351-390		33 (49)	66 (62)	96 (53)	78 (9)
391-430		71 (7)	86 (7)	95 (21)	100 (20)

( ) effectif

première ovulation, les conditions hivernales dans lesquelles elles se trouvent ne permettent pas à cette ovulation de se déclencher. Un tel effet a déjà été mis en évidence par GRASS *et al.* (1982). Il peut être attribué partiellement à une action de la lumière, puisque l'augmentation de la durée du jour entraine une puberté plus précoce (PETITCLERC *et al.*, 1981). Cet effet pourrait aussi expliquer (avec l'âge) le poids à la puberté plus élevé mis en évidence chez les femelles à croissance rapide : le poids théorique de cyclicité est atteint plus tôt que chez les autres femelles, donc à un moment moins favorable au déclenchement de la 1ère ovulation. Toutefois, il faut remarquer que l'augmentation importante du taux de femelles cycliques se situe au moment de la mise à l'herbe (vers le 15 mai) et dans les semaines qui la suivent. Donc nos résultats ne permettent pas de différencier l'effet de la photopériode de celui de la mise à l'herbe.

Il est intéressant de constater qu'une proportion non négligeable (10 p.100) de femelles, déjà pubères auparavant, retombe en anoestrus à l'âge de 2 ans. Cette situation déjà décrite chez les bovins (GAUTHIER et THIMONIER, 1982) doit inciter à ne pas considérer ces animaux comme totalement non saisonnés, car des conditions défavorables d'élevage peuvent entrainer des périodes d'anoestrus au cours de l'année.

La mise en place de la puberté se fait donc relativement tard chez les génisses de race Salers ; et cela d'autant plus que les femelles seront nées tôt dans l'année. Cette absence de précocité sexuelle, mise en évidence même dans des conditions correctes d'élevage, peut constituer un des freins au développement du vêlage à deux ans dans ce type de production. La mise à la reproduction précoce nécessistera bien souvent l'utilisation des techniques d'induction de l'ovulation. De mauvaises conditions d'hivernage des génisses de 2 ans de races peu ou moyennement précoces (dont la Salers) peuvent même réduire les chances d'obtenir un premier vêlage suffisamment tôt en saison aux alentours de 3 ans. Toutefois l'amélioration des conditions de l'environnement, telle que l'élevage en stabulation libre claire peut permettre d'avancer le moment où les génisses sont aptes à se reproduire (GAUTHIER *et al.*, résultats non publiés).

Références bibliographiques

DALE H.E., RAGSDALE A.C., CHENG C.S., 1959. Effect of constant environmental temperatures, 50° and 80° F, on appearance of puberty in beef calves. *J. anim. Sci.*, **18,** 1363-1366.

GRASS J.A., HANSEN P.J., RUTLEDGE J.J., HAUSER E.R., 1982. Genotype × environmental interactions on reproductive traits of bovine females. I. Age at puberty as influenced by breed, breed of sire, dietary regimen and season. *J. anim. Sci.*, **55,** 1441-1457.

HAUSER R.E., 1984. Seasonal effects on female reproduction in the bovine (*Bos taurus*) (european breeds). *Theriogenology*, **21,** 150-169.

LASTER D.B., SMITH G.M., CUNDIFF L.V., GREGORY K.E., 1979. Characterisation of biological types of cattle (cycle II). II. Post-tweaning growth and puberty of heifers. *J. anim. Sci.*, **48,** 500-508.

ORTAVANT R., PELLETIER J., RAVAULT J.P., THIMONIER J., VOLLAND-NAIL P., 1985. Photoperiod : main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm animals. Oxford reviews of reproductive biology. ed. J.R. Clarke. Vol. 7, p.305-345.

PETITCLERC D., CHAPIN L.T., EMERY R.S., TUCKER H.A., 1981. Interaction of photoperiod and planes of nutrition on growth, puberty and growth hormone in Holstein heifers. *J. anim. Sci.*, **54,** suppl. 1, 357 abst.

ROY J.H.B., GILLIES C.M., SHOTTON S.M., 1975. Factors affecting first œstrous in cattle and their effect on early breeding, 128-142. In Tayler J.C., *The early calving of heifers and its impact on beef production.* Commission of the European Communities, Brussels.

SHORT R.E., BELLOWS R.A., 1971. Relationships among weight gains, age at puberty and reproductive performance in heifers. *J. anim. Sci.*, **32,** 127-131.

THIMONIER J., 1978. L'activité ovarienne chez les bovins. Moyens d'étude et facteurs de variations. *Ann. Med. vet.*, **122,** 81-92.

WILTBANK J.N., GREGORY K.E., SWIGER L.A., INGALLS J.E., ROTHLISBERGER J.A., KOCH R.M., 1966. Effects of heterosis on age and weight at puberty in beef heifers. *J. anim. Sci.*, **25,** 744-756.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1986 (64) 59-72

Répercussions de l'apport de matières grasses dans la ration sur la production et la composition du lait de ruminant

P. MORAND-FEHR, Y. CHILLIARD* et P. BAS

INRA-INA PG, Station de Nutrition et Alimentation, 16, rue Claude Bernard,75231 Paris Cedex 05
** INRA-CRZV Theix, Laboratoire de la Lactation, 63122 Ceyrat*

Il a souvent été proposé dans le passé d'ajouter des matières grasses aux rations des vaches laitières. Malheureusement, l'apport de lipides peut modifier l'intensité et l'orientation des fermentations du rumen en réduisant la cellulolyse et la production d'acide acétique, ce qui tend à diminuer l'utilisation digestive des fourrages et la disponibilité d'acétate, principal précurseur des acides gras synthétisés dans la mamelle (BAUCHART *et al.*, 1985). En outre, le flux important d'acides gras à chaîne longue provenant des aliments, notamment des acides gras insaturés de structure trans risque de limiter cette synthèse de novo dans la mamelle (CHILLIARD *et al.*, 1986). Ainsi, les avantages d'un apport de matières grasses peuvent être annulés par ses conséquences néfastes sur la digestion ruminale et le métabolisme mammaire. C'est ce qui explique les résultats hétérogènes obtenus sur les performances laitières. En conséquence, il est encore peu courant dans la pratique d'ajouter des matières grasses aux aliments destinés aux vaches laitières. Les aliments concentrés contiennent généralement de 2 à 3,5 p.100 d'extrait éthéré dans leur matière sèche et la ration totale de 2 à 4,5 p.100.

Néanmoins, depuis quelques années, le sujet est redevenu d'actualité, en raison de l'accroissement du potentiel laitier des vaches et du problème de plus en plus aigu de la couverture de leurs besoins énergétiques. Par ailleurs, la disponibilité de matières grasses sur le marché augmente (HAUZY, 1984 ; COUDERT, 1984) sur le plan quantitatif et qualitatif : sous-produits industriels (huiles acides de suif, graisses chauffées, huiles d'os), produits issus de technologie spéciale (lipides protégés, matières grasses cristallisées sur support présentées en poudre) sans oublier les aliments gras (graines oléagineuses). Les moyens disponibles sont maintenant beaucoup plus importants pour limiter les inconvénients qui viennent d'être évoqués et les difficultés liées à la manipulation des produits liquides qui peuvent se prendre en masse à température ambiante ou au froid. Enfin, certains pays d'Amérique et d'Europe du Nord utilisent systématiquement des aliments concentrés pour les vaches laitières, plus riches en lipides qu'en France.

Tous ces faits incitent à réexaminer cette question pour préciser s'il est intéressant d'ajouter des matières grasses aux aliments destinés aux vaches laitières et si oui, dans quelles conditions.

I. Effet global sur la production et la composition du lait

Au cours d'une analyse bibliographique, nous avons sélectionné 70 observations en éliminant celles qui reposaient sur des productions insuffisantes ou des compositions de lait anormales ou bien celles qui utilisaient des rations de base trop particulières et des supplémentations en lipides protégés qui conduisent à des résultats sensiblement différents des autres lipides. Le tableau 1 rapporte les fréquences des effets favorables, nuls ou défavorables sur la consommation alimentaire, la production et la composition du lait. Dans 72 p.100 des cas, la production de lait corrigée à 40 p.1000 de taux butyreux, est améliorée lorsque des matières grasses sont ajoutées aux rations des vaches laitières. Cela est surtout dû à des effets positifs sur la production de lait brut (66 p.100) et dans une moindre mesure, sur le taux butyreux (52 p.100).

L'apport de matières grasses peut modifier non seulement le taux butyreux et la quantité de lipides sécrétés dans le lait mais aussi leur nature et en particulier les proportions relatives des acides gras de la matière grasse.

L'introduction d'une matière grasse dans le régime provoque l'augmentation du pourcentage des acides gras de même longueur de chaîne que ceux ajoutés au régime ; cette augmentation est de plus en plus limitée à mesure que les quantités de matières grasses ingérées augmentent (STORRY *et al.*, 1980 a et b). Compte-tenu de la richesse en acides gras insaturés à 18 atomes de carbone de la plupart des aliments et de l'hydrogénation que subissent ces

acides gras dans le rumen, les proportions de la matière grasse du lait en acides stéarique, oléique et isomères mono-insaturés augmentent (tabl. 2).

L'effet sur les taux azoté ou protéique est le plus souvent défavorable (71 p.100 des cas - tabl. 1) avec une réduction de la synthèse des caséines (DUNKLEY *et al.*, 1977 ; STORRY *et al.*, 1974a) due, selon PALMQUIST et MOSER (1981), à des perturbations du transport des acides aminés et de la synthèse des protéines du lait par l'acquisition d'une résistance à l'insuline dans la mamelle.

Mais en réalité, à l'intérieur de ces réponses globales, existe une grande diversité des réactions des vaches à l'apport de matières grasses dans leur ration. La production laitière et le taux butyreux augmentent simultanément (CLAPPERTON et STEELE, 1983), ce qui est relativement peu fréquent, ou la production laitière est peu modifiée et le taux butyreux est sensiblement amélioré ou bien, et c'est le cas le plus fréquent (60 p.100 des cas), la production de lait brut est améliorée et la taux butyreux ne varie pas ou diminue. Les taux azoté ou protéique baissent généralement, sauf si la production de lait ou le taux butyreux subissent une forte diminution, c'est-à-dire lorsque la production de lait corrigée à 40 p.1000 de T.B. est réduite.

Cette variabilité de la réponse s'explique par les nombreux facteurs qui peuvent la modifier : modification de la consommation alimentaire et du comportement alimentaire, nature de la ration de base, mode de distribution des aliments, quantité et nature des matières grasses ajoutées, race, niveau de production et stade de lactation, et que nous allons passer en revue.

TABLEAU 1

Effets d'un apport de matières grasses sur l'ingestion et les performances laitières des vaches
(résultats bibliographiques)

Type de matière grasse	Paramètres	Fréquence des effets (en %)			Nombre d'observations
		Favorable	Nul	Défavorable	
Toutes matières grasses confondues	Ingestion	32	34	32	34
	Production de lait	66	7	27	70
	Taux butyreux	52	2	46	66
	Taux azoté	17	12	71	42
Graisses animales et huiles végétales	Ingestion	20	33	47	15
	Production de lait	64	8	28	47
	Taux butyreux	50	0	50	44
	Taux azoté	14	14	72	22
Graines oléagineuses	Ingestion	42	37	21	19
	Production de lait	70	4	26	23
	Taux butyreux	55	4	41	22
	Taux azoté	16	8	76	20

Références : 1,2,4,7,12,17,19,28,32,35,38,46,50,55,58,59,63,65,67,68,69,70,73,74,75,76,78,79,82,87,88.

TABLEAU 2

Effet de la nature des matières grasses ajoutées sur la composition en acides gras du lait (%)
(d'après STEELE et MOORE, 1968a)

Nature de la matière grasse	sans apport (témoin) (a)	+ suif (570 g/j)	+ huile de coton (570 g/j)
$C_{4:0}$ - $C_{8:0}$	8.1	7.7	7.9
$C_{10:0}$ - $C_{14:0}$	17.2	11.8*	9.8*
$C_{16:0}$ - $C_{16:1}$	40.6	34.5*	35.7*
$C_{18:0}$	8.1	12.6*	12.8*
$C_{18:1}$	17.8	26.2*	26.7*
$C_{18:2}$ + $C_{18:3}$	2.3	1.6	2.9

(a) régime riche en fourrages (57 % de la matière sèche totale)
* significativement différent au seuil de $P < 0.05$ par rapport au Régime témoin.

II. Effet sur la consommation et le comportement alimentaire

Le but de l'incorporation de matières grasses dans le régime des vaches est d'augmenter la quantité d'énergie ingérée. Or il est assez fréquent d'observer une légère réduction du niveau d'ingestion, et en particulier de celui des fourrages, lorsque la ration est supplémentée en graisse animale ou en huile végétale (tabl. 1).

Il semble en premier lieu que l'abaissement de la digestibilité des glucides pariétaux, à la suite de l'apport de graisses dans le régime, réduit le niveau d'ingestion mais cette réduction apparaît lorsque le pourcentage de matières grasses dans la ration est élevé. Des quantités limitées de lipides ajoutés ont très peu ou pas d'effets sur le niveau de consommation de matière sèche alors que le niveau d'énergie ingérée est amélioré (STORRY *et al.*, 1973 ; PALMQUIST et CONRAD, 1978 ; KRONFELD *et al.*, 1980 ; Van der HONING *et al.*, 1981 ; OSTERGAARD *et al.*, 1981 ; HEINRICHS *et al.*, 1981). Mais des pourcentages élevés d'extrait éthéré dans la ration (supérieurs à 5 p.100) conduisent souvent à des baisses d'ingestion qui peuvent même se traduire par une consommation d'énergie réduite (SMITH *et al.*, 1978 ; PALMQUIST et CONRAD, 1978 ; CLAPPERTON et STEELE, 1983). Toutefois, avec des taux d'extrait éthéré élevés dans la ration totale (supérieurs à 8 p.100), les consommations alimentaires, notamment des fourrages, se maintiennent dans certains cas (de VISSER *et al.*, 1982), et même dans d'autres cas, s'améliorent (WRENN *et al.*, 1978).

Souvent, avec des vaches rationnées en aliments concentrés, la substitution d'une fraction du concentré par de la graisse sur une base pondérale ne modifie pas les niveaux d'ingestion de matière sèche totale (WRENN *et al.*, 1978 ; KRONFELD *et al.*, 1980). En revanche, lorsque ces aliments sont distribués à volonté, que ce soit en ration complète ou en distribution séparée, la consommation de matière sèche a plutôt tendance à baisser sensiblement. Ce phénomène parait le plus souvent lié à une diminution de la proportion de l'acide acétique et à une augmentation de celle de l'acide propionique dans le rumen ou à une réduction de la digestibilité de la cellulose (HATCH *et al.*, 1972 ; Mac LEOD *et al.*, 1972 ; KOWALCZYK *et al.*, 1977 ; PALMQUIST et CONRAD, 1978).

Il arrive aussi que le niveau de consommation des aliments concentrés enrichis en graisse soit réduit. En effet, les matières grasses sont souvent accusées de réduire l'acceptabilité des aliments concentrés qui en contiennent. Certaines revues de développement aux Etats-Unis indiquent cette difficulté en recommandant d'utiliser exclusivement des graisses bien conservées et non oxydées. Bon nombre d'auteurs semblent passer sous silence ce phénomène. Cependant, VARMAN *et al.* (1968) ont été obligés de faire ingérer le concentré enrichi en huiles de carthame et de poisson en capsules pour éviter que les vaches refusent en grande quantité ce concentré. Toutefois, dans la plupart des cas, les vaches finissent par s'adapter aux concentrés enrichis en graisses après un certain laps de temps. Mais même après adaptation, c'est-à-dire dans le cas d'une consommation normale, ces aliments sont ingérés plus lentement (de VISSER *et al.*, 1982 ; PALMQUIST et OELBERG, 1984) bien que DOREAU (1984) n'ait pas observé ce phénomène.

Ainsi des apports importants de graisses réduisent généralement les niveaux d'ingestion de matière sèche. Dans ce cas, la quantité d'énergie ingérée n'est guère améliorée alors que de plus faibles apports permettent le plus souvent d'augmenter l'ingestion d'énergie d'environ 2 à 10 p.100. Mais le mode de distribution semble jouer un rôle important. Compte-tenu des modifications de comportement alimentaire, un aliment concentré riche en matières grasses doit être à la disposition de l'animal pendant un temps suffisant afin que ses prises alimentaires puissent être réparties tout au long de la journée.

III. Effet du mode de distribution des aliments

BANKS *et al.* (1980a) ont montré qu'une distribution programmée de l'aliment concentré enrichi en huile de soja (prises alimentaires toutes les heures) permettait d'améliorer le taux butyreux, alors qu'une distribution en 2 repas par jour l'abaissait. Il est très probable que les effets d'une quantité importante d'huile végétale introduite brutalement dans le rumen n'apparaissent plus dans le cas de faibles apports répartis sur toute la journée. A ce sujet, certaines précautions relatives aux apports d'urée dans l'alimentation du ruminant peuvent s'appliquer à ceux de matières grasses. Comme l'indiquent STORRY (1981) et PALMQUIST (1982), une ingestion de l'aliment enrichi en matières grasses devrait être fragmentée dans la journée, de façon à en éviter la plupart des inconvénients. De ce fait, la distribution en salle de traite de ces aliments est à déconseiller puisqu'elle réunit les conditions pour lesquelles les risques de réduction d'ingestion de l'aliment concentré et des perturbations digestives sont les plus élevés.

IV. Effet de la nature de la ration

Il est généralement admis, sans contrôle précis, que les rations des vaches laitières sont suffisamment riches en matières grasses. Toutefois, BANKS *et al.* (1976 a et b) ont montré qu'une ration à base de foin, de pulpes de betteraves, d'orge et de tourteau de soja, c'est-à-dire une ration tout à fait classique, était pauvre en matières grasses (81 g ingérés par jour) et limitait la production de lait. La substitution courante d'environ 500 g d'aliments concentrés par du suif ou de l'huile de soja permet d'améliorer la production laitière de 20 à 25 p.100. Les lipides du lait produit avec cette ration pauvre en matières grasses sont déficitaires en acides gras à 18 atomes de carbone (22 p.100 seulement des acides gras totaux) traduisant un prélèvement réduit des acides gras plasmatiques par la mamelle.

Les rations à base de foin ou d'ensilage d'herbe, de betteraves ou de pulpes de betteraves sont les plus susceptibles d'être déficitaires en acides gras à 18 atomes de carbone qui ne peuvent être synthétisés dans la mamelle. Elle le sont systématiquement pour des productions de lait égales ou supérieures à 22 - 25 kg de lait. Le maintien du point de fusion constant de la matière grasse du lait dont les propriétés physiques doivent rester identiques à la température corporelle (MOORE et CHRISTIE, 1981) ne peut plus être assuré. Il s'en suit une réduction de la sécrétion de la matière grasse et par là même du lait. C'est avec de telles rations que l'apport de matières grasses dans le régime a l'effet le plus spectaculaire.

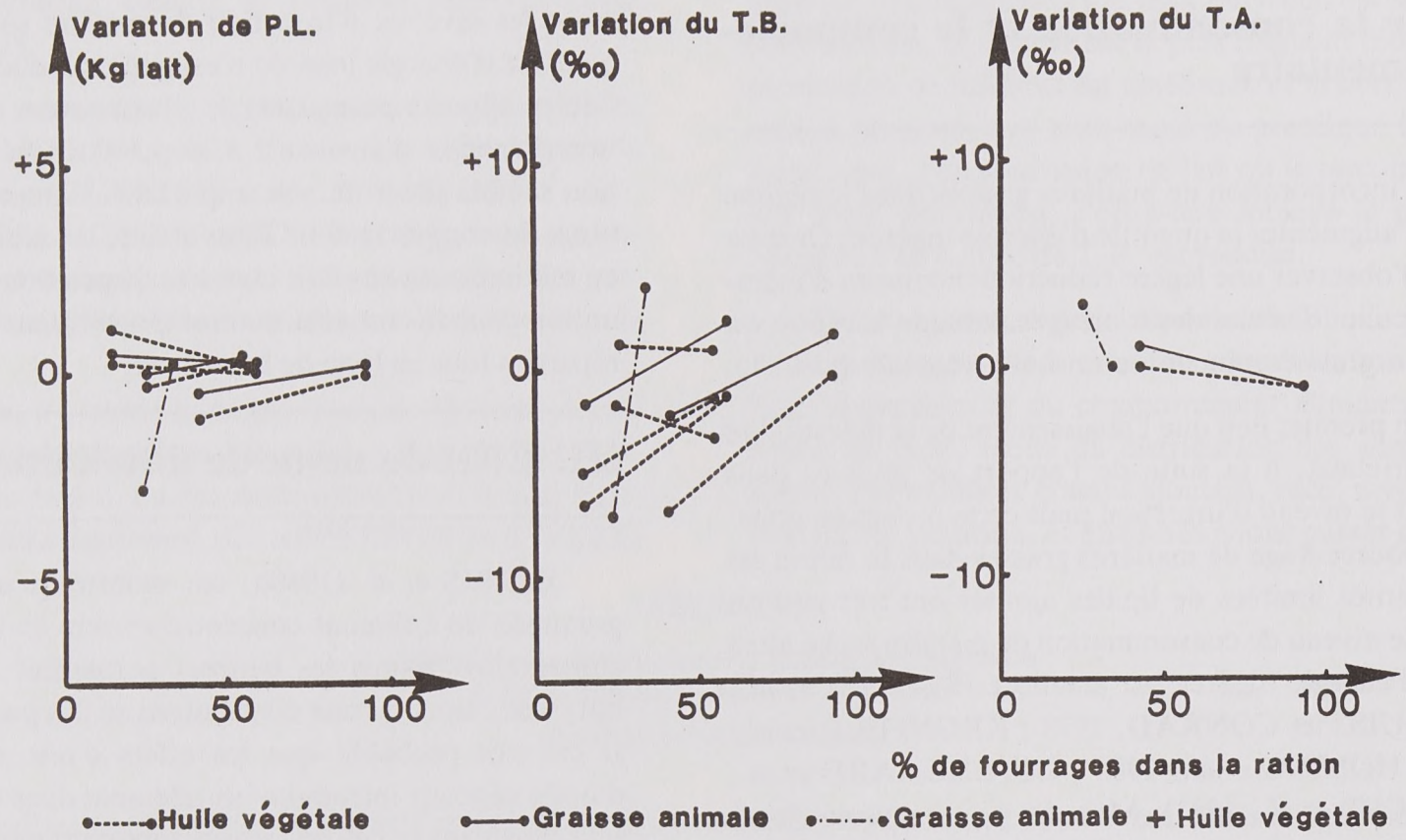

FIG. 1 : *Variations de la production et de la composition du lait de vache dues à l'apport de matières grasses alimentaires selon la proportion de fourrages dans la ration.*

Les matières grasses sont ajoutées à des rations dont la proportion de fourrages est différente. Le point gauche du segment représente la variation de production laitière (en kg), de taux butyreux (en ‰) ou de taux azoté (en ‰), du régime pauvre en fourrages additionné de matières grasses par rapport au même régime sans apport de matières grasses ; le point droit du segment a la même signification avec le régime riche en fourrages. Les rations de base sont constituées généralement de foin de luzerne ou de ray-grass avec ou sans pulpes de betteraves, ensilage d'herbe ou plus rarement de maïs. L'apport de matières grasses est de 5 à 10 % dans l'aliment concentré ou de 5 à 10 % de la matière sèche de la ration complète.

P.L. = production laitière ; T.B. = taux butyreux ; T.A. = taux azoté

Références :12,59,72,78,79.

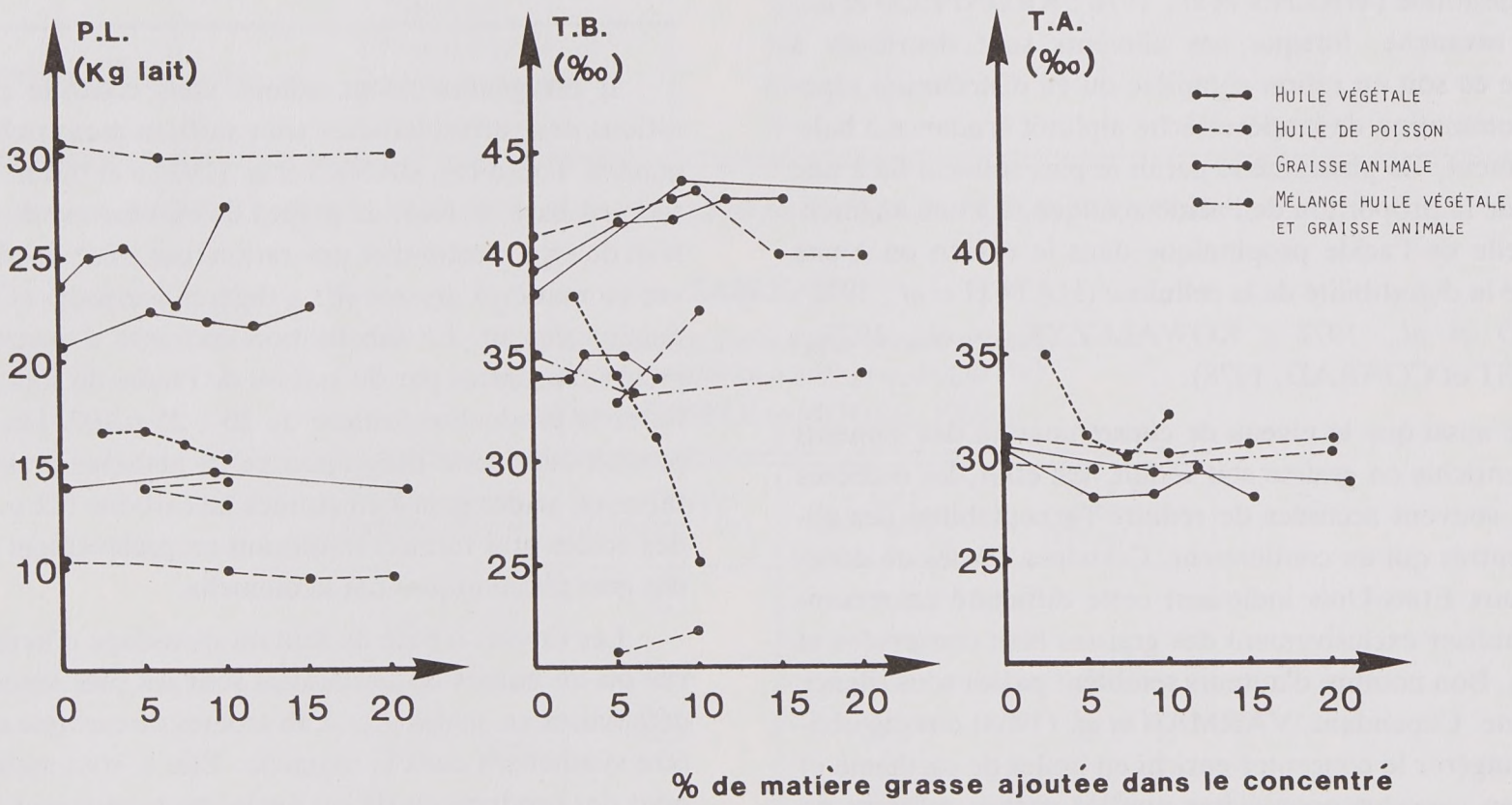

FIG. 2 : *Influence de la proportion de matière grasse ajoutée dans l'aliment concentré sur la production et la composition du lait de vache*

Les matières grasses sont ajoutées dans les aliments concentrés à des taux compris entre 0 et 20 %. Les régimes de base sont identiques à ceux décrits dans la figure 1. Les quantités d'aliments concentrés distribuées sont généralement les mêmes quel que soit le taux de matières grasses qu'ils contiennent.

Références : 7,17,55,58,79,82.

L'addition de matières grasses a pu être utilisée pour limiter la chute du taux butyreux enregistré avec les rations pauvres en fourrages (moins de 25 p.100 de la matière sèche totale), et riches en aliments concentrés (et notamment en amidon). Les matières grasses, en particulier le suif protégé (STORRY *et al.*, 1974b) ou non (STEELE et MOORE, 1968), ajoutées à de telles rations remontent le taux butyreux mais seulement partiellement, jamais à la valeur enregistrée avec une ration riche en fourrages. Cet effet serait dû à une amélioration de la fonction ruminale et de l'utilisation de l'énergie pour la sécrétion du lait en augmentant la disponibilité en acides gras à 18 atomes de carbone pour la mamelle.

Cependant, à la lumière des résultats montrant une amélioration plus nette des productions de lait à 40 p.1000 et de matières grasses lorsque les lipides sont ajoutés à une ration relativement riche en fourrages (50 à 66 p.100) (STEELE et MOORE, 1968 ; PALMQUIST et CONRAD, 1978 ; SMITH *et al.*, 1979), PALMQUIST (1982) estime que l'apport de matières grasses est plus efficace avec des rations suffisamment riches en glucides pariétaux. En effet, il permet de maintenir une densité énergétique et aussi une proportion de fibres élevées dans la ration des vaches hautes productrices de lait, alors que ces deux contraintes sont antagonistes, donc difficiles à satisfaire simultanément.

La figure 1 confirme qu'en général l'apport de matières grasses dans une ration relativement riche en fourrages est plus efficace pour améliorer le taux butyreux et aussi les productions de matières grasses et de lait à 40 p.1000, que dans une ration pauvre en fourrages alors que la production de lait brut n'est pas ou est légèrement augmentée. Quatre explications peuvent être trouvées à ce phénomène. D'abord le moindre déficit en matières grasses et en particulier en acides gras à 18 atomes de carbone des rations pauvres en fourrages et le plus souvent riches en amidon, qu'elles soient riches en ensilage de maïs ou en grains. Ensuite, l'amidon et les matières grasses pourraient avoir des effets cumulatifs pour modifier les fermentations du rumen en les orientant vers l'acide propionique. Les perturbations de ces fermentations apparaitraient donc à partir d'un apport en lipides plus limité avec une ration riche en amidon. Avec ce type de rations, les acides gras à longue chaîne carbonée du plasma sanguin sont relativement plus prélevés par le tissu adipeux que par la mamelle, donc l'utilisation métabolique des acides gras alimentaires pour la sécrétion lactée serait plus réduite. Enfin, les rations à base de fourrages sont le plus souvent riches en métaux bivalents (calcium, magnésium) formant au moins partiellement avec les acides gras, des savons insolubles tendant à améliorer la digestibilité de la cellulose des rations enrichies en lipides (DAVIDSON et WOOD, 1963 ; JENKINS et PALMQUIST, 1982). Des observations sur chèvres (MORAND-FEHR *et al.*, non publié) tendraient aussi à montrer qu'un apport de matières grasses est plus efficace pour améliorer la production de lait corrigé avec une ration à base de foin de luzerne qu'avec une ration contenant de l'ensilage de maïs. L'addition de quantités importantes (10 p.100 de la matière sèche de la ration), de suif, d'huiles ou de graines végétales à une ration à base d'ensilage de maïs peut même entraîner de fortes chutes de taux butyreux (DOREAU *et al.*, 1986, et non publié).

V. Effet de la quantité de matière grasse ajoutée

A partir des huit observations disponibles où les vaches recevaient de 6 à 10 kg de concentré par jour (fig. 2), il semble que l'effet d'apports croissants de matières grasses dans la ration sur le taux butyreux et les productions de lait corrigé et de matière grasse, est très variable selon la nature de la ration de base et des matières grasses ajoutées et selon les conditions de distribution. L'apport de 3 à 4 p.100 de matières grasses dans le concentré a généralement un effet positif ou nul, un optimum peut apparaître entre 4 et 10 p.100, au delà l'effet risque d'être défavorable notamment avec des huiles végétales désaturées. Les taux azoté ou protéique subissent généralement une baisse en présence d'un faible apport de graisses. Cette diminution ne semble toutefois pas s'accentuer lorsque l'apport de graisses augmente.

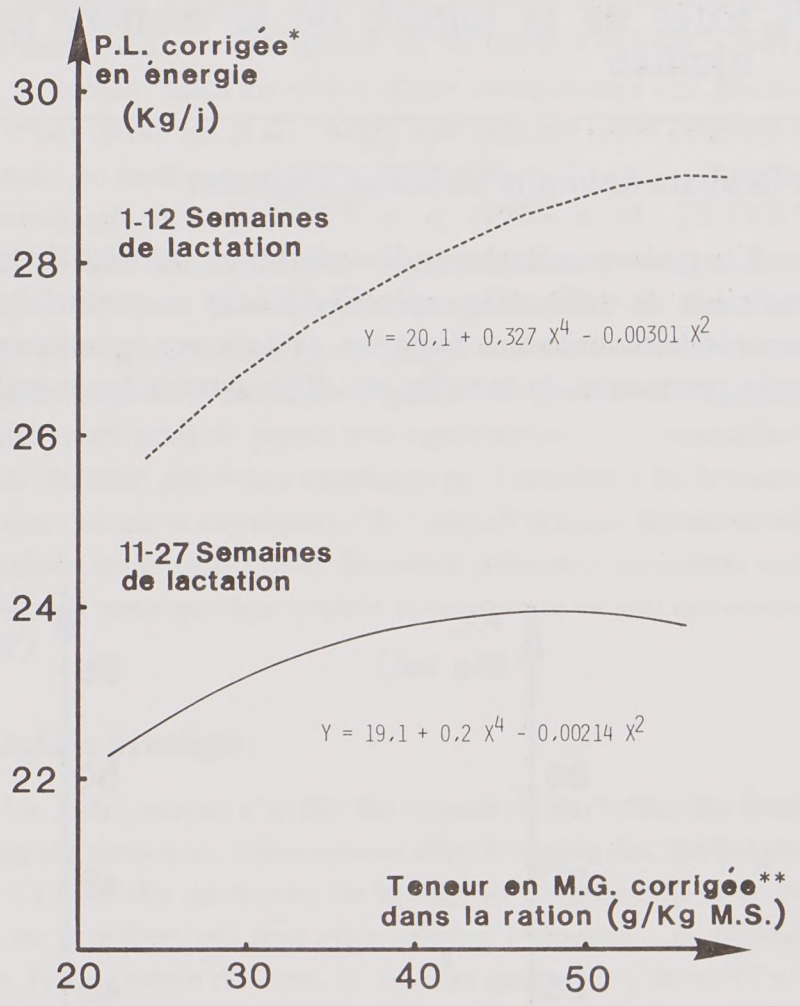

FIG. 3 : *Relation entre la production de lait des vaches et la teneur en matières grasses de la ration*
(d'après OSTERGAARD *et al.*, 1981)

Ces courbes ont été établies à partir de 467 lactations issues de 7 troupeaux dans lesquels les vaches consommaient du foin, de l'ensilage d'herbe et des drèches de maïs. Les pourcentages de suif ajoutés aux concentrés ont été calculés pour que les vaches en consomment 200, 400 ou 600 g par jour, tout en recevant les mêmes quantités d'énergie et d'azote.

* La production laitière est corrigée sur une base d'énergie nette correspondant approximativement à l'énergie d'un kg de lait à 40 ‰ de taux butyreux.

** La matière grasse correspond à l'extrait éthéré des aliments concentrés et à la quantité d'acides gras contenus dans les fourrages.

Il est intéressant de prendre particulièrement en considération les résultats des deux seules études ayant été réalisées en vraie grandeur sur des troupeaux commerciaux. Dans six ateliers de l'Etat de Ohio aux Etats-Unis, lorsque les apports d'un

mélange graisse animale - huile végétale dans la ration composée de foin et d'ensilage de maïs passaient de 3 à 6 p.100, les productions de lait brut et de lait standard étaient améliorées de 1,4 et 0,8 kg respectivement (HEINRICHS *et al.*, 1982). Au Danemark, les vaches de 7 troupeaux recevaient des rations à base de foin, d'ensilage d'herbe et de drèches de brasserie à 3 niveaux de matières grasses (la teneur en extrait éthéré de la matière sèche de la ration variait de 2,7 à 6,2 p.100). Le fait d'augmenter de 1 p.100 la teneur en extrait éthéré de la ration à l'aide de graisse animale, conduisait à une augmentation d'environ 0,9 kg et 0,5 kg de lait corrigé respectivement en début et en pleine lactation (OSTERGAARD *et al.*, 1981). L'optimum de production laitière se situait à environ 5,8 p.100 et 4,5 p.100 de lipides dans la matière sèche de la ration (fig. 3). Ainsi dans des conditions différentes de production en Europe et aux Etats Unis, des apports de matières grasses jusqu'à 6 p.100 de la ration peuvent avoir des effets positifs sur la production.

VI. Effet de la nature de la matière grasse ajoutée

1. Graisses animales ou huiles végétales

Les graisses animales (suif de bovin ou mélange de graisses d'animaux de différentes espèces) donnent en général de meilleurs résultats sur le taux butyreux, et dans une moindre mesure, sur la production de lait (fig. 4). Elles ont tendance malgré le nombre limité d'observations, à conduire à de plus fortes diminutions du taux azoté que les huiles végétales (STEELE et MOORE, 1968 ; BANKS *et al.*, 1980a et b ; Van der HONING *et al.*, 1981). Toutefois, à de faibles taux d'incorporation dans l'aliment concentré (inférieurs à 4-6 p.100), ces deux types de matières grasses peuvent donner des résultats très voisins (Van der HONING *et al.*, 1981, tabl. 3). C'est notamment le cas lorsque l'apport d'huile est suffisamment faible pour ne pas influencer les fermentations du rumen. Nous avons récemment confirmé sur chèvres, la valeur laitière équivalente de l'huile de soja et du suif de bœuf ajoutés à 5 p.100 dans l'aliment concentré, soit à 2-3 p.100 de la matière sèche totale.

Lorsque les huiles sont relativement saturées comme l'huile de palme ou les huiles partiellement hydrogénées, les performances sont plus proches de celles obtenues avec du suif et souvent meilleures qu'avec de l'huile de soja (BANKS *et al.*, 1976a, 1980b). En revanche, lorsque l'huile est très saturée comme les huiles de poisson, leurs apports sont nettement défavorables à la fois à la production de lait et au taux butyreux (VARMAN *et al.*, 1968 ; NICHOLSON et SUTTON, 1971 ; BRUMBY *et al.*, 1972). Les acides gras à longue chaîne (C_{20} à C_{26}) très désaturés que ces huiles renferment, semblent toxiques pour la flore du rumen et réduisent fortement le pourcentage d'acétate dans le jus du rumen ; ils inhiberaient l'hydrolyse par la liporotéine lipase des triglycérides du plasma sanguin et réduiraient ainsi l'apport des acides gras exogènes à la mamelle (BRUMBY *et al.*, 1972). Toutefois, l'hydrogénation de ces huiles réduit considérablement leurs effets négatifs.

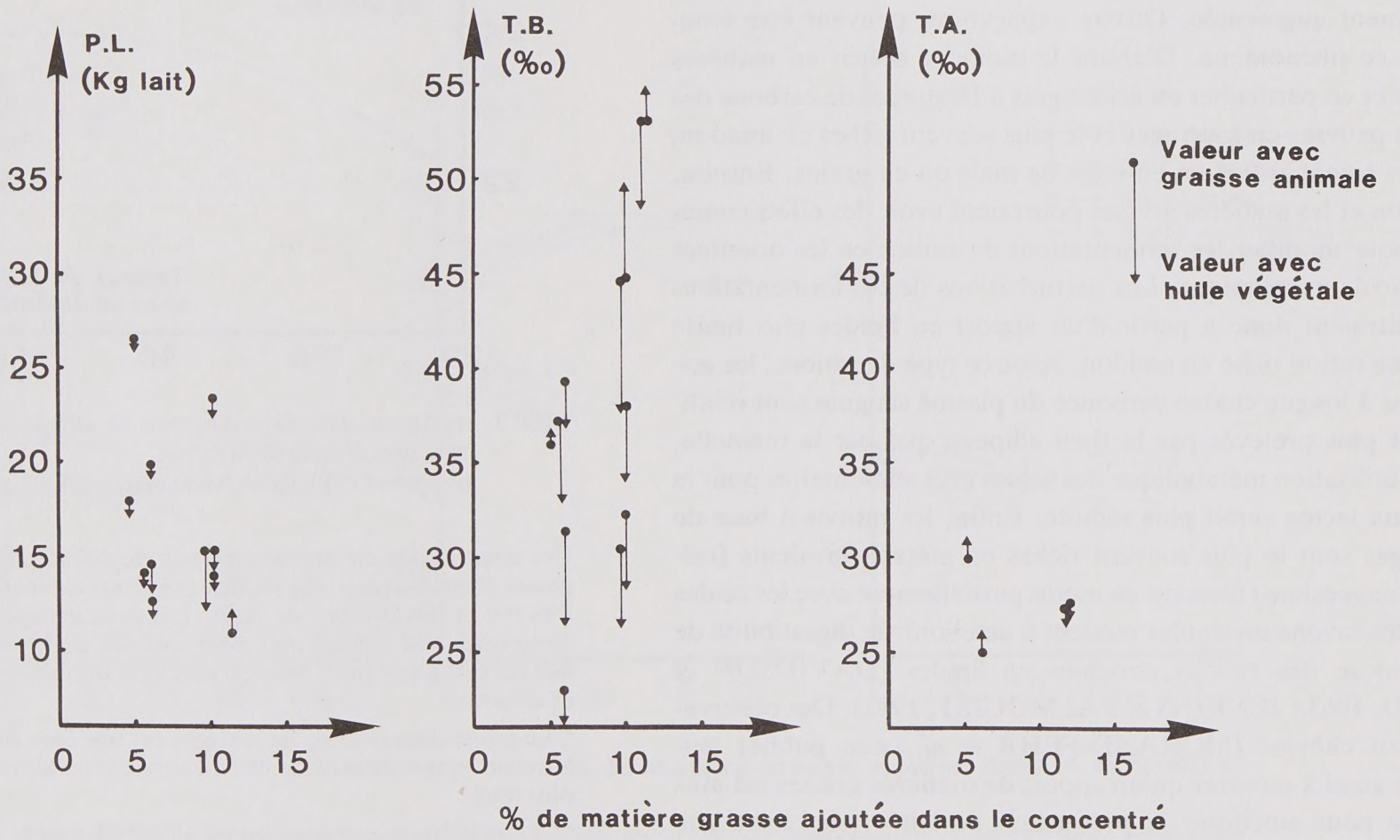

FIG. 4 : *Effet comparé de l'apport de graisse animale et d'huile végétale sur la production et la composition du lait de vache.*

Régimes : 40 à 66 p.100 de fourrages. Foin ou ensilage d'herbe, ou mélange foin + ensilage de maïs généralement dans un rapport 1 / 1.

Références : 1,7,12,77,78,89.

TABLEAU 3

*Influence du suif et de l'huile de soja sur les performances laitières des vaches**
(d'après Van der HONING *et al.*, 1981)

REGIME**	T : Témoin	T+Concentré à 5 % de suif	T+Concentré à 5 % d'huile de soja
Production de lait (Kg/j)	24.1	26.4	26.5
Taux butyreux (°/₀₀)	38.4	36.5	36.7
Taux azoté (°/₀₀)	32.1	29.9	30.8

* Vaches en 2ème-3ème mois de lactation

** 7 kg de foin de pré et 11-14 kg de concentré à base de manioc, de gluten feed, de pulpes de betteraves et d'agrumes déshydratées et tourteaux de soja, de lin et d'arachide.

Les huiles végétales semblent donc moins favorables que les graisses animales. Cela proviendrait au moins en partie de ce que la microflore du rumen est très sensible aux acides gras polyinsaturés. En conséquence, les apports d'huile doivent être plus limités que ceux des graisses animales mais dans le cas d'apports limités (3-4 p.100 dans l'aliment concentré), les effets de ces deux types de matières grasses sont généralement très voisins. L'optimisation des conditions de distribution, des huiles végétales riches en acides gras insaturés, en particulier en association avec le foin, a été discutée par DOREAU et BAUCHART (1984).

2. Graines oléagineuses

Pour réduire les risques d'effets néfastes sur la flore du rumen, l'huile peut aussi être distribuée sous forme de graines entières crues ou cuites, le traitement à la chaleur ayant pour but d'éliminer les facteurs antinutritionnels et d'améliorer l'efficacité de l'utilisation des protéines.

Le tableau 1 indique que les graines oléagineuses ont tendance à avoir des effets légèrement plus favorables sur la production de lait et le taux butyreux que les graisses animales et les huiles végétales, alors que la fréquence des effets négatifs sur le taux azoté est identique mais ces effets ont tendance à avoir une amplitude plus réduite ; c'est ce que confirme la figure 5.

Ces effets favorables des graines oléagineuses s'observent nettement par rapport à un régime sans apport de matières grasses, c'est-à-dire avec une concentration énergétique plus faible, mais ils sont beaucoup moins nets lorsque les rations avec graines oléagineuses sont comparées à des rations témoins isoénergétiques (ADAMS *et al.*, 1978 ; ANDERSON *et al.*, 1979) et peuvent même être négatifs pour des taux élevés d'incorporation (DOREAU *et al.*, 1986).

En outre chez les vaches, les graines par rapport au mélange « huile + tourteau » ont tendance à élever légèrement le taux butyreux alors que la production de lait brut reste constante, que ce soit avec des graines de soja (LARSON et SCHULTZ, 1970 ; STEELE *et al.*, 1971) ou avec des graines de coton (MOODY et BARNES, 1966). Les régimes à base d'huile et de tourteau de soja et à base de graines de soja donnent toutefois des résultats équivalents sur la production laitière et le taux butyreux chez la chèvre (MORAND-FEHR *et al.*, 1984) et la vache (DOREAU *et al.*, 1986).

En réalité, les performances plus élevées obtenues avec des graines oléagineuses par rapport aux huiles végétales, s'expliquent surtout par une meilleure consommation alimentaire (tabl. 1) qui s'accompagne de modifications plus rares des fermentations du rumen. En conséquence, avec des rations isoénergétiques et isoazotées, les performances laitières pourraient être comparables avec de l'huile ou des graines oléagineuses si l'apport d'huile est limité à 3-4 p.100.

Parmi les graines oléagineuses, les graines de coton paraîssent être très bien acceptées par les animaux et efficaces pour améliorer les performances laitières, suivies de près par les graines de soja (fig. 5). On s'est posé la question de savoir si un traitement à la chaleur, notamment par extrusion, pouvait améliorer la valeur laitière des graines, notamment de soja. Les résultats sont variables. Parfois, l'extrusion améliore légèrement les performances laitières (MIELKE et SCHINGOETHE, 1981) ou plus nettement mais en raison d'une innapétence des graines de soja crues (RAKES *et al.*, 1972). Les graines crues peuvent donner aussi de meilleurs résultats (BLOCK *et al.*, 1981). Dans le cas du tournesol, Mac GUFFEY *et al.* (1980) et Mc GUFFEY et SCHINGOETHE (1982) ont toujours observé une supériorité des graines crues par rapport aux graines cuites. Sur chèvres (tabl. 4), les graines de soja cuites par extrusion n'améliorent pas les performances laitières par rapport aux graines crues sauf pour le taux azoté mais de façon non significative. Les contradictions de ces résultats peuvent s'expliquer par l'incidence de la composition des rations et notamment de l'apport d'azote fermentescible. Toutefois, les graines cuites devraient présenter un intérêt technique décisif pour que leur intérêt économique ne soit pas contestable.

3. Lipides protégés

Un autre moyen d'éviter les risques de perturber les fermentations du rumen est d'incorporer dans la ration des lipides protégés. Ce sont des particules de lipides sur support ou non, enrobées de protéines qui sont elles-mêmes « tannées » au formaldéhyde. Dans l'esprit de leurs inventeurs australiens (SCOTT *et al.*, 1970), ces lipides protégés en ne subissant pas l'hydrogénation dans le rumen permettent de produire du lait très riche en acides gras polysaturés, jusqu'à 20-25 p.100 d'acides linoléique et linolénique (KUDZAL-SAVOIE *et al.*, 1975 ; PLOWMAN *et al.*, 1972), et ainsi de répondre aux souhaits des diététiciens de voir augmenter la consommation d'acides gras essentiels au détriment des acides gras saturés en alimentation humaine.

Comme ces lipides protégés ne sont pas modifiés dans le rumen et qu'ils n'ont aucune influence sur les fermentations du rumen, ils sont susceptibles d'être ajoutés en plus grande quantité dans le régime, théoriquement sans présenter les inconvénients des matières grasses non protégées.

La production de lait à 40 p.1000 de taux butyreux et celle de matière grasse sont nettement augmentées par l'introduction de lipides protégés dans la ration (STORRY *et al.*, 1974b et 1980b ; PAN *et al.*, 1972 ; WRENN *et al.*, 1976 ; Mac LEOD *et al.*, 1977 ; BINES *et al.*, 1978 ; SMITH *et al.*, 1978). Cette

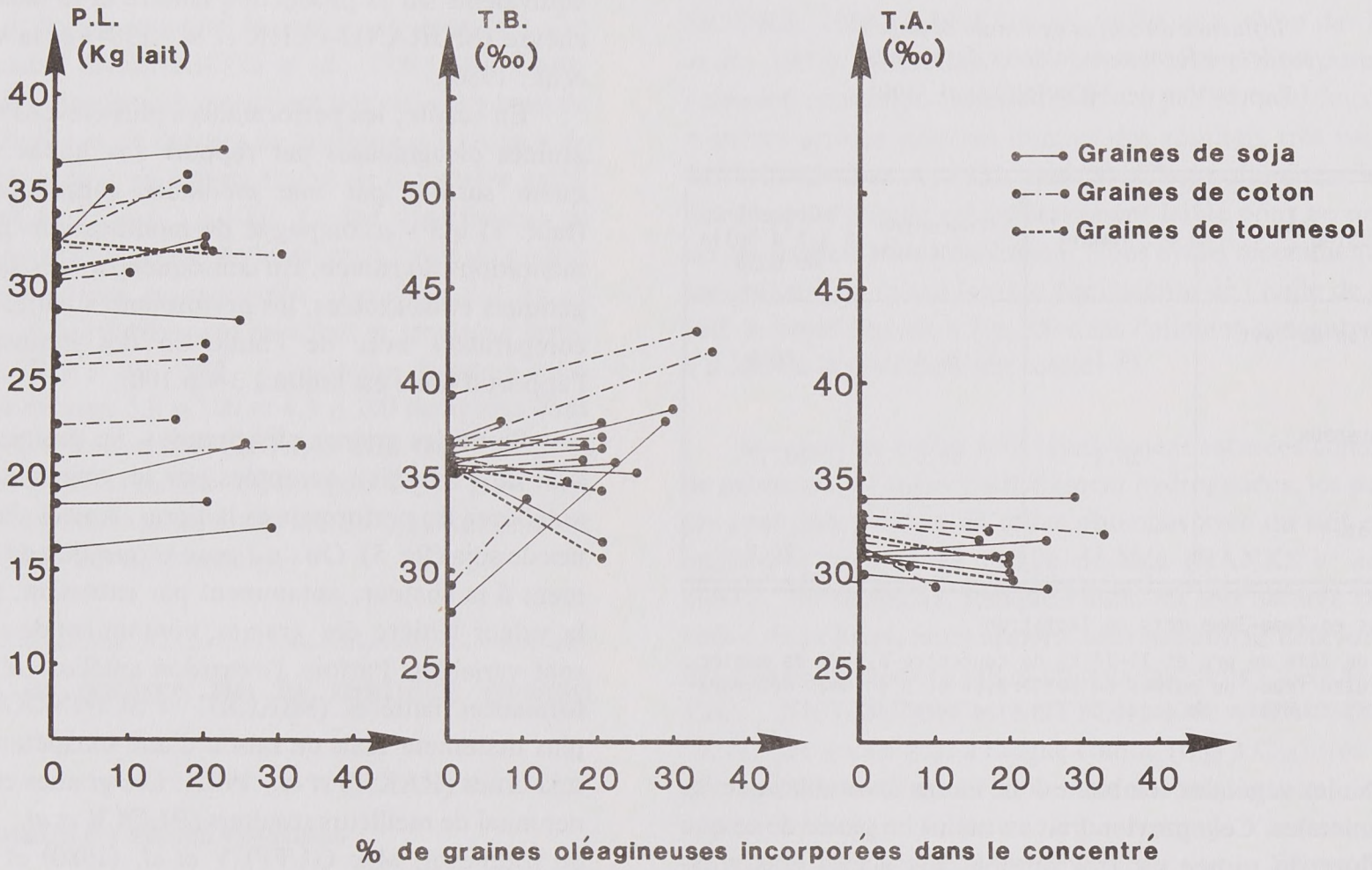

FIG. 5 : *Influence de l'apport de graines oléagineuses sur la production et la composition du lait de vache*

Cette figure a été réalisée à partir de 12 études dans lesquelles les vaches recevaient une ration de foin seul ou avec de l'ensilage de maïs ou d'herbe, ou de pulpes de betteraves, et du concentré à base de céréales et de tourteaux.
Références : 2,19,28,34,35,45,46,47,50,63,68,75.

TABLEAU 4

Influence des graines de soja
sur les performances laitières des chèvres
(MORAND-FEHR *et al.*, 1984)

REGIMES	Tourteau de soja + huile	Graines de soja crues	Graines de soja extrudées
Production de lait brut (Kg/j)	2.70	2.72	2.66
Taux butyreux (°/₀₀)	32.6	32.8	32.9
Taux protéique (°/₀₀)	27.7	27.0	28.0
Matière grasse (g/j)	83.6	87.8	81.5
Matière protéique (g/j)	73.2	70.6	73.4

L'effet régime n'est jamais significatif.

augmentation est essentiellement due à une forte élévation du taux butyreux qui peut progresser de 10 à 35 p.100 et très peu à la production de lait brut excepté si la ration témoin était en fort déficit énergétique. En réalité, STORRY *et al.* (1980a), malgré l'hétérogénéité des résultats expérimentaux, ont pu montrer que le taux butyreux augmentait linéairement avec l'apport des lipides protégés (de 5 p.1000 par kg de lipides protégés ingérés par jour) (fig. 6) et que les productions de lait augmentaient avec un apport de 0,5 kg de lipides protégés par jour mais qu'elles diminuaient à partir de 0,8 kg par jour (fig. 7). En revanche, la production de matière grasse progresse jusqu'à 2 kg de lipides protégés ingérés par jour. La teneur en matière azotée du lait diminue dès un faible apport de lipides protégés et la teneur en lactose tend à baisser dans les mêmes conditions que la production de lait. Cependant dans certains cas, de faibles consommations alimentaires n'ont pas permis d'améliorer l'ingestion énergétique. Une diminution de la proportion d'acide acétique dans le rumen, des chutes d'ingestion et de digestibilité et des baisses de production de lait brut ont été enregistrées avec des lipides protégés commerciaux en raison d'une protection insuffisante ou mal maîtrisée au niveau technologique (ASHES *et al.*, 1979 ; STORRY *et al.*, 1980a ; SCOTT comm. pers. ; MORAND-FEHR *et al.*,1986 ; CHILLIARD et DOREAU, non publié) alors que les lipides protégés fabriqués en laboratoire ou ateliers expérimentaux n'avaient pas ces inconvénients (STORRY *et al.*, 1980b). Même dans le cas de médiocre protection, le taux butyreux et la production de matière grasse peuvent être améliorés.

Malgré leur intérêt technique indéniable, les lipides protégés ont jusqu'ici eu du mal à se placer sur le marché dans les pays où ils ont été introduits comme l'Australie, les Etats-Unis, le Canada et le Danemark, en raison de leur coût élevé et de leur protection encore mal maîtrisée.

4. Lipides à forte acidité et savons

Les corps gras fortement hydrolysés, contenant des proportions importantes d'acides gras libres (suif ou huile), présentent plus de risques de perturbations du métabolisme ruminal et de diminution de la digestibilité de la cellulose que les triglycérides des mêmes produits (JENKINS et PALMQUIST, 1984) et entraînent des baisses d'ingestion. Toutefois, dans certains cas, ces produits ont pu donner des résultats (productions de lait et de matière grasse) équivalents à ceux des corps gras d'origine si la substitution dans l'aliment concentré s'effectue sur la base des acides gras (HERMANSEN, 1983). Sur une équivalence d'extrait éthéré, les performances sont légèrement inférieures en raison probablement de la teneur élevée d'insaponifiable ou de substances non déterminées dans ces sous-produits. Ils devraient généralement être utilisés dans des proportions limitées (PALMQUIST et CONRAD, 1978).

L'apport d'acides gras sous forme de savons de calcium, réduit nettement les perturbations ruminales observées avec les acides gras libres en rétablissant la digestibilité de la cellulose et de l'énergie (JENKINS et PALMQUIST, 1984) mais en diminuant celle de l'extrait éthéré (DEVENDRA et LEWIS, 1974). En effet, ces savons semblent inertes vis-à-vis de la flore microbienne (CHAPULA *et al.*, 1984) alors que les acides gras libres ont plutôt un effet inhibiteur. Ainsi, l'addition de graisses dans la ration de vaches laitières augmenterait le besoin en calcium (PALMQUIST, 1982). En réalité, l'apport de calcium semble délicat à maîtriser car la saponification doit être rapide et pour cela l'utilisation d'un sel soluble de calcium est préférable. La proportion de savons formés ne doit pas être trop élevée pour que la réversibilité de la réaction soit maximale dans l'intestin et qu'en conséquence la digestibilité des acides gras ne soit pas réduite.

Des améliorations de la production de lait ou du taux butyreux ont été enregistrées quand les matières grasses d'origine sont remplacées par leurs savons, mais généralement seulement dans les cas, semble-t-il, où les fermentations du rumen risquaient d'être perturbées. Dans les autres cas, les savons n'ont aucun effet ou des effets limités.

5. Matières grasses présentées sous forme pulvérulente

Un autre moyen pour obtenir une protection plus ou moins marquée sur des graisses ajoutées est de les faire adsorber sur un support inerte qui rend leur diffusion dans le liquide ruminal plus lente. Un mélange de suif et d'huile de palme (dans un rapport de 11 / 1) adsorbés sur de la vermiculite, introduit à raison de 12 p.100 dans l'aliment concentré améliore légèrement la production laitière et nettement le taux butyreux alors que le mélange gras sans support abaisse le taux butyreux (De VISSER *et al.*, 1982). Toutefois, les périodes expérimentales sont trop courtes pour juger si ces effets se maintiennent dans le temps.

De même, HAWKINS *et al.* (1984) mélangent des graines entières de soja broyées à la bentonite. Ils obtiennent 3 kg de lait supplémentaires avec ce produit par rapport au régime témoin alors qu'avec les graines de soja entières ou broyées, la production supplémentaire n'est que de 2 kg. Les taux butyreux sont comparables avec la graine de soja broyée avec ou sans bentonite. Ainsi, les matières grasses présentées sur support pourraient être intéressantes en alimentation du ruminant, bien que le support n'ait aucun intérêt nutritionnel.

L'introduction d'acides gras saturés cristallisés à froid (Fat Prills) semble être efficace pour améliorer la production de lait brut et le taux butyreux lorsqu'ils sont comparés à des graisses hydrogénées ou protégées de composition voisine (BANKS *et al.*, 1984) (tabl. 5). Une expérience sur chèvres en début de lactation vient de confirmer l'effet favorable de ce type de produit (MORAND-FEHR *et al.*, 1985 non publié).

VII. Effet de la race, du stade de lactation et du niveau de production

Des différences de réponse à un apport de matières grasses dues à la race des vaches ont rarement été mises en évidence. Toutefois, PALMQUIST et CONRAD (1978) signalent que dans les conditions américaines, les vaches Jerseyaises répondent favorablement à des apports plus élevés de graisse que les Holsteins. Il est possible que la capacité d'ingestion plus faible des vaches Jerseyaises, en raison de leur format réduit nécessite d'avoir des rations plus concentrées en énergie, compte-tenu du potentiel élevé de leur mamelle pour sécréter des matières grasses.

En revanche, dans les conditions du Nord de l'Europe, OSTERGAARD *et al.* (1981) n'ont pas pu mettre en évidence des différences sur les réponses de production laitière de vaches Rouges Danoises, Frisonnes et Jerseyaises à des apports croissants de graisses animales.

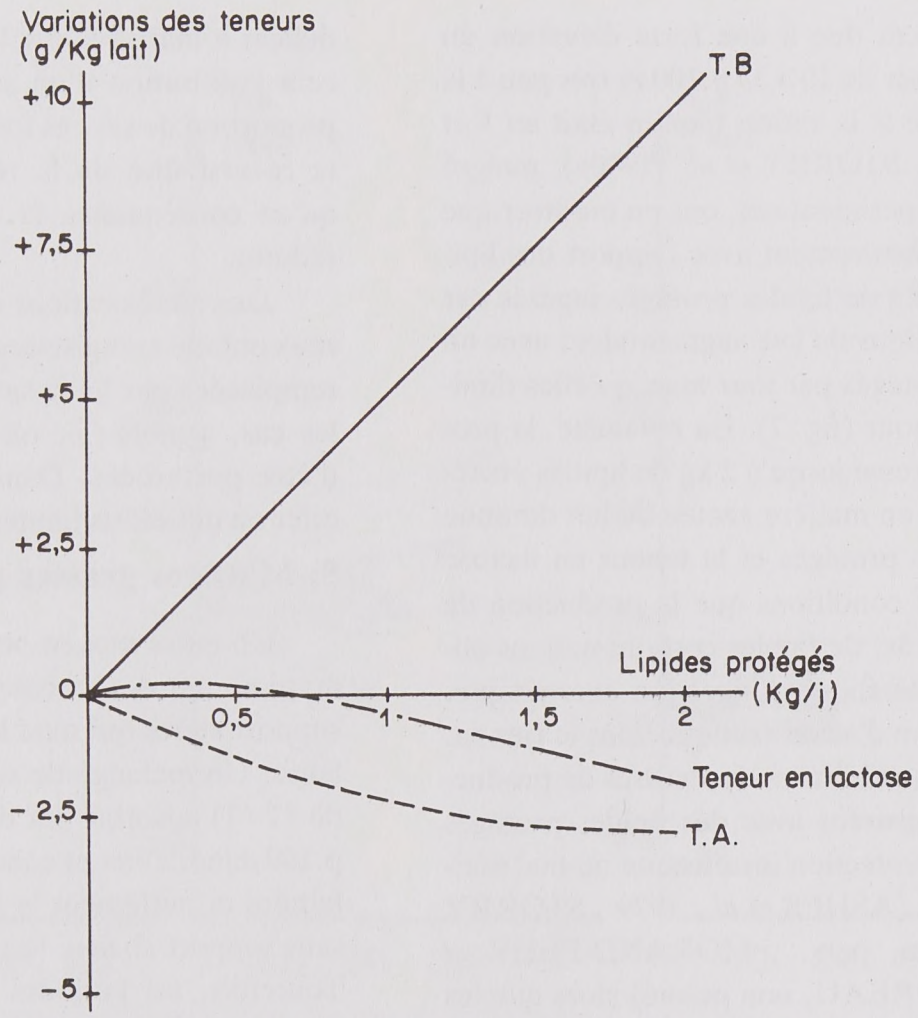

FIG. 6 : *Variation de la composition du lait de vache selon la quantité de lipides protégés ajoutés à la ration*
(d'après STORRY *et al.*, 1980)

Cette figure a été établie à partir de 8 études britanniques et américaines dans lesquelles les vaches recevaient des quantités variables de graisses animales protégées (essentiellement des suifs).

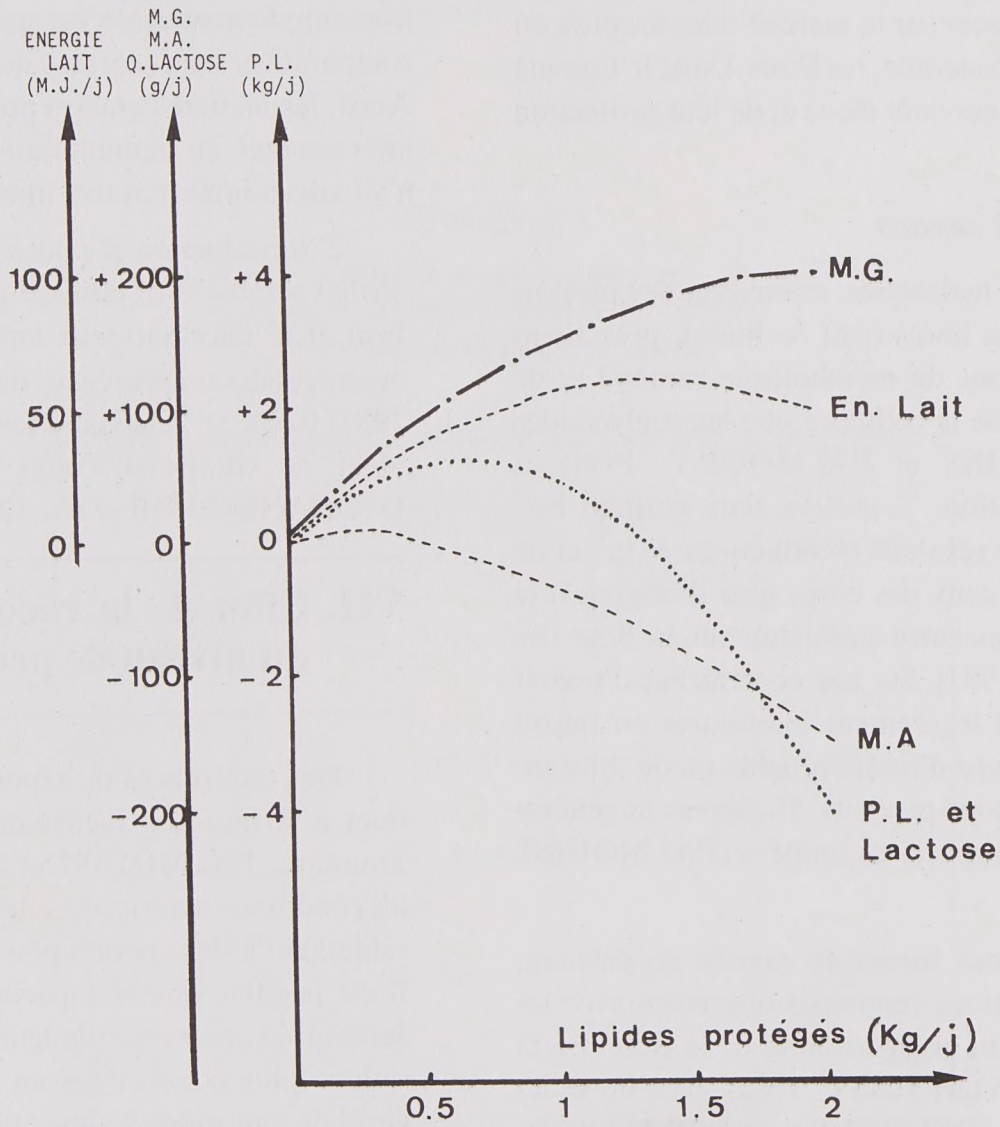

FIG. 7 : *Variation des quantités produites de lait ou des constituants du lait de vache selon la quantité de lipides protégés ajoutés à la ration*
(d'après STORRY *et al.*, 1980)

Ces courbes ont été établies à partir de 8 études britanniques et américaines dans lesquelles les vaches recevaient des quantités variables de graisses animales protégées (essentiellement des suifs).

TABLEAU 5

Effet de la forme de présentation des acides gras sur les performances laitières des vaches

(d'après BANKS *et al.*, 1984)

Régime	Témoin (T)*	T + 0,41 kg d'acides gras libres**	T + 0,42 kg de triglycérides non protégés***	T + 0,44 kg de graisses protégées***
Production de lait (kg/j)	15,4	16,9 +	17,2 +	16,7 +
Taux butyreux (°/₀₀)	40,4	41,4	37,7	36,4
Taux azoté (°/₀₀)	32,7	31,8 +	30,3 ++	30,3 ++
Production de matière grasse(kg/j)	0,62	0,69 ++	0,64	0,60
Production de matière azotée(kg/j)	0,50	0,54 ++	0,52	0,50

* Régime T (kg MS/j) : Foin : 4,25 - Pulpes de betteraves : 2,0 - Concentré (orge, tourteau de soja : 5,6)

** Acides gras libres saturés (47,5 % $C_{18:0}$, 44,5 % $C_{16:0}$ + $C_{16:1}$) = Dairy Fat Prills

*** Triglycérides : graisse hydrogénée (14 % $C_{18:0}$, 53 % $C_{16:0}$ + $C_{16:1}$, 28 % $C_{18:1}$)

\+ Significatif par rapport au témoin au seuil $P \leqslant 0,05$

++ Significatif par rapport au témoin au seuil $P \leqslant 0,01$

L'apport de graisses a généralement des effets plus marqués sur les vaches à haut potentiel laitier (MATTIAS *et al.*, 1982). Sur des vaches à potentiel limité, l'effet d'un apport de matières grasses n'est souvent pas très net (STEELE et MOORE, 1968 ; CLAPPERTON et STEELE, 1983). Néanmoins, des effets favorables ont été enregistrés sur la production de lait de vaches produisant 12 kg de lait seulement (BANKS *et al.*, 1976a) ou 15 kg (HEINRICHS *et al.*, 1981), de même amplitude que sur des plus fortes laitières produisant 25 kg de lait.

Les effets sont généralement plus marqués en début qu'en milieu de lactation. Entre deux stades de lactation : 1-11 semaines et 11-27 semaines, l'effet de l'apport de matières grasses s'amoindrit de 40 p.100 dans les conditions des exploitations danoises (OSTERGAARD *et al.*, 1981) (fig. 3), mais cela est probablement dû plus à la différence de production laitière entre les deux stades de lactation qu'au stade de la lactation lui-même.

Enfin, les différences dues à la parité (entre les vaches en première lactation et les vaches en seconde lactation et plus) n'ont pu être mises en évidence par OSTERGAARD *et al.* (1981). En revanche, MATTIAS *et al.* (1982) observent que la production des vaches en première lactation ne répond pas à l'apport des matières grasses à la différence des vaches plus âgées, mais ce résultats pourrait être dû au niveau plus faible de production des primipares et à leur bilan énergétique supérieur.

VIII. Effet sur l'état sanitaire des vaches

OSTERGAARD *et al.* (1981) en utilisant des quantités limitées de graisses animales n'ont observé aucune répercussion fâcheuse sur l'état de santé des vaches, notamment aucune augmentation de la fréquence de maladies métaboliques et de l'intervalle entre le vêlage et la première saillie fécondante. De plus, KRONFELD *et al.* (1984), EMERY *et al.* (1968) ont enregistré une amélioration de la fertilité et une diminution des fièvres de lait et des mammites. En outre, KRONFELD cité par PALMQUIST et JENKINS (1980) enregistre une baisse systématique de la cétonémie chez des vaches recevant un régime contenant du suif protégé ; ainsi les risques de cétoses des vaches recevant des graisses sont réduits ; ce qui étaye sa proposition de la nécessité d'un apport de lipides chez les vaches hautes productrices de lait.

Dans ces conditions, les effets d'un apport de matières grasses sur l'état de santé des vaches sont plutôt favorables, mais on manque encore de recul dans ce domaine. Toutefois, il ne faut pas oublier de supplémenter en calcium et en magnésium pour éviter les possibles hypomagnésémies et hypocalcémies (STEELE, 1984).

IX. Besoins en lipides et en acides gras à longue chaîne

Il a été montré dans ce qui précède que les lipides alimentaires pouvaient participer à la couverture des besoins énergétiques de la vache, mais surtout qu'un déficit en lipides pouvait entraîner une réduction sensible de la production de lait et de matières grasses par la mamelle. Cela semble être dû au fait que les acides gras à 18 atomes de carbone sécrétés dans le lait doivent provenir des apports alimentaires ou des tissus adipeux puisqu'ils ne peuvent pas être synthétisés par la mamelle.

Pour une vache produisant 30 kg de lait à 35-40 p.1000 de taux butyreux, la quantité sécrétée de ces acides est approxima-

tivement de 400-600 g par jour. Beaucoup de rations distribuées en France ne peuvent couvrir cette exportation d'acides gras, non seulement celles composées d'aliments très pauvres en extrait éthéré tels que les mauvais foins, les betteraves et certaines graines ou tourteaux deshuilés au solvant, mais aussi des rations contenant des ensilages d'herbe, des foins, d'autres racines ou tubercules et de céréales pauvres en matières grasses telles que l'orge. Par exemple, pour couvrir une production de 30 kg de lait, une ration de 8 kg de foin de luzerne de moyenne qualité, 4 kg de pulpes de betteraves déshydratées et 8 kg de concentrés contenant 20 p.100 de maïs grain peut apporter 400 g d'extrait éthéré et 300 g d'acides gras par jour environ. Si on estime à 25 p.100, valeur sujette à une variabilité importante, la synthèse lipidique microbienne dans le cas des rations assez pauvres en lipides (KNIGHT *et al.*, 1979 ; BAUCHART *et al.*, 1985) et à 80 p.100 de la digestibilité des acides gras, la valeur des lipides digestibles au niveau de l'intestin (L.D.I.) est de 300 g. On peut estimer que la quantité transférée dans le lait se situera au maximum aux alentours de 200 g. Le déficit important de 300 g peut être couvert par les acides gras des tissus adipeux pendant une période limitée. Toutefois, chez les vaches hautes productrices de lait, il serait souhaitable de couvrir ce déficit par les apports alimentaires pour limiter la mobilisation des acides gras des tissus adipeux et économiser leurs précurseurs, notamment les acides gras volatils. En effet, la mamelle s'adapte très probablement à ce déficit en limitant sensiblement sa sécrétion lipidique et, par voie de conséquence, sa production laitière.

Ce « besoin » en acides gras est confirmé par les données de KRONFELD (1976) qui estime que 19 p.100 de l'apport énergétique doit provenir des lipides alimentaires, et de BRUMBY *et al.* (1978) montrant que l'optimum de l'efficacité de la transformation de l'énergie digestible en énergie nette est obtenue lorsque le rapport entre l'énergie digestible provenant des acides gras et celle provenant des autres nutriments est d'environ 15 p.100 (fig. 8). Cela correspond en général à un taux de 4 à 6 p.100 de la matière sèche totale.

En revanche, lorsque le même raisonnement est appliqué à des vaches de production moyenne (15 kg/j environ), ce besoin n'apparaît clairement que pour des rations très pauvres en matières grasses.

Toutefois, ces estimations manquent actuellement de rigueur en raison d'informations très réduites sur la synthèse d'acides gras par la flore du rumen, la digestibilité des acides gras et leur utilisation par la mamelle selon la nature de la ration de base et des lipides alimentaires.

Cette question, notamment pour les régimes des vaches hautes productrices de lait, devrait à l'avenir être mieux prise en compte en France. Pour cela, il faudrait raisonner au niveau de l'apport sur la teneur en acides gras des aliments et non sur leur teneur en extrait éthéré qui présente un biais important puisque par exemple l'extrait éthéré de certains fourrages ne contiennent que 30 à 40 p.100 d'acides gras (BAUCHART *et al.*, 1985). En outre, il faudrait prendre en compte les lipides synthétisés par la flore du rumen dont la production est d'autant plus importante que le déficit en matières grasses de la ration est accusé. Un système d'estimation de lipides digestibles au niveau de l'intestin (L.D.I.) serait probablement intéressant à établir.

Conclusion

Si ce besoin en acides gras à 18 atomes de carbone se matérialise pour les hautes productrices de lait, encore faut-il les administrer sous une forme et dans des conditions acceptables qui ne puissent avoir des conséquences fâcheuses sur l'acceptabilité des aliments concentrés, sur les fermentations du rumen et sur la composition du lait ; sinon, les taux butyreux et protéique peuvent diminuer de façon significative.

D'après ce qui précède, certaines formes de lipides présentent des risques plus affirmés que d'autres. Les graisses animales

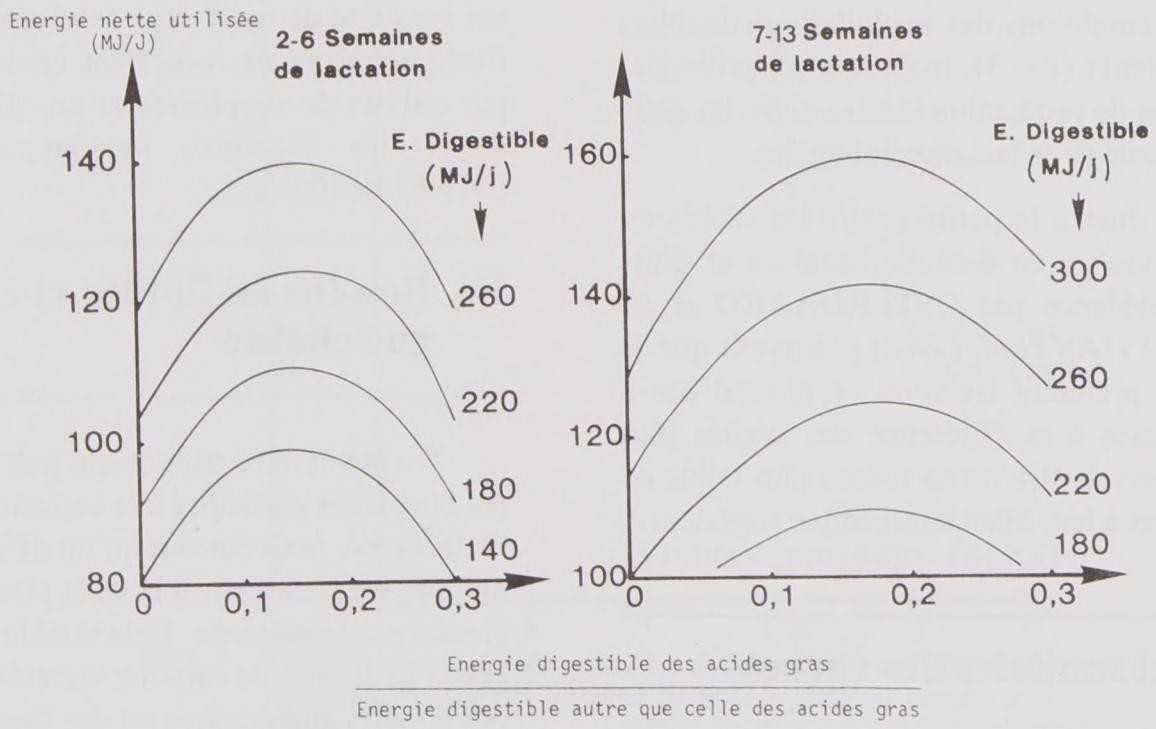

FIG. 8 : *Rendement de l'énergie digestible en fonction de l'apport de lipides protégés* (d'après BRUMBY *et al.*, 1978)

saturées, l'huile de palme, les graines oléagineuses (notamment les graines de coton et de soja) se sont généralement révélées plus satisfaisantes que les huiles végétales riches en acides gras insaturés pour améliorer la production de lait et sa teneur en matière grasse. Il n'existe toutefois à l'heure actuelle qu'un faible nombre d'expériences conduites en début de lactation, chez des hautes productrices et sur de longues périodes.

La répartition dans la journée de l'ingestion de matières grasses exige un système de distribution adapté (rations complètes, distributeur automatique, etc...). De plus, l'adaptation des vaches à des rations enrichies en lipides doit recueillir toute l'attention nécessaire de l'éleveur.

L'élévation du taux de lipides dans la matière sèche totale ingérée peut se révéler profitable mais il ne faut pas se cacher qu'elle peut être délicate à mettre en œuvre. Dans un premier temps, pour réduire les risques simultanés d'effets néfastes au niveau du rumen et de déficit lipidique, un objectif de 3-4 p.100 d'extrait éthéré dans la ration totale peut d'abord être proposé pour les vaches hautes productrices de lait, et ensuite dans une seconde étape qui sera envisagée lorsque la première sera bien maîtrisée, 5-6 p.100 pour atteindre l'optimum technique de production.

En réalité, le choix du taux de matière grasse à ajouter doit être modulé en fonction des objectifs de production à atteindre. Si on veut produire une quantité maximale de matière grasse, des apports de lipides relativement élevés peuvent être effectués. Si l'on recherche un maximum de production de lait brut, l'apport de lipides sera plus réduit. Enfin, si dans le cadre d'une production fromagère, la quantité de protéines est essentielle, seul un très faible apport de lipides pourra être toléré.

Enfin l'apport de lipides alimentaires (quantité et nature) doit être modulé suivant le type de la ration utilisée. Il faut rester prudent avec des rations riches en amidon (ensilage de maïs + céréales) et plus ouvert aux apports lipidiques avec les autres rations.

Ainsi, l'apport de matières grasses dans la ration des vaches laitières exige un bon niveau technique de l'éleveur. En effet, il ne sera bénéfique que si ces matières grasses sont utilisées correctement en tenant compte des conditions alimentaires et des techniques d'élevage du troupeau.

Références bibliographiques

1. ADAMS H.P., BOHMAN V.R., LESPERANCE A.L., BRYANT J.M., 1969. *J. Dairy Sci.*, **52,** 169-171.

2. ANDERSON M.J., ADAMS D.C., LAMBS R.C., WALTER J.L., 1979. *J. Dairy Sci.*, **62,** 1098-1103.

3. ASCHES J.R., GULATI S.K., COOK L.J., SCOTT T.W., DONNELLY J.B., 1979. *J. amer. Oil Chem. Soc.*, **56,** 522-527.

4. BANKS W., CLAPPERTON J.L., FERRIE M.E., WILSON A.G., 1976a. *J. Dairy Res.*, **43,** 213-218.

5. BANKS W., CLAPPERTON J.L., FERRIE M.E., 1976b. *J. Dairy Res.*, **43,** 219-227.

6. BANKS W., CLAPPERTON J.L., KELLY M.E., WILSON A.G., CRAWFORD R.J.M., 1980a. *J. Sci. Food. agric.*, **31,** 368-374.

7. BANKS W., CLAPPERTON J.L., KELLY M.E., 1980b. *J. Dairy Res.*, **47,** 277-285.

8. BANKS W., CLAPPERTON J.L., GIRDLER A.K., STEELE W., 1984. *J. Dairy Res.*, **51,** 387-395.

9. BAUCHART D., DOREAU M., LEGAY-CARMIER F., 1985. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **61,** 65-77.

10. BINES J.A., BRUMBY P.E., STORRY J.E., FULFORD R.J., BRAITHWAITE G.D., 1978. *J. Dairy Res.*, **45,** 135-150.

11. BLOCK E., MULLER L.D., GRIEL L.C., GARWOOD D.L., 1981. *J. Dairy Sci.*, **64,** 1813-1824.

12. BROWN W.H., STULL J.W., STOTT G.H., 1962. *J. Dairy Sci.*, **45,** 191-196.

13. BRUMBY P.E., STORRY J.E., SUTTON J.D., 1972. *J. Dairy Res.* **39,** 167-183.

14. BRUMBY P.E., STORRY J.E., BINES J.A., FULFORD R.J., 1978. *J. agric. Sci. Camb.*, **91,** 151-159.

15. CHALUPA W., RICKABAUGH B., KRONFELD D.S., SKLAN D., 1984. *J. Dairy Sci.*, **67,** 1439-1444.

16. CHILLIARD Y., MORAND-FEHR P., SAUVANT D., BAS P., 1986. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **63,** 81-91.

17. CLAPPERTON J.L., STEELE W., 1983. *J. Dairy Sci.*, **66,** 1032-1038.

18. COUDERT G., 1984. Journée CAAA. 8 novembre 1984. p. F1-F10. INA PG Paris.

19. DALE R.L., ROFFLER R.E., THOMAS V.M., 1984. *J. Dairy Sci.*, **67,** suppl. 1, p. 114 (abst.).

20. DAVIDSON K.L., WOODS W., 1963. *J. anim. Sci.*, **22,** 27-29.

21. de VISSER H., TAMMINGA S., van GILS L.G.M., 1982. *Neth. J. agric. Sci.*, **30,** 347-352.

22. DEVENDRA C., LEWIS D., 1974. *Anim. Prod.*, **19,** 67-76.

23. DOREAU M., 1984. Journée CAAA 8 novembre 1984. p. H1-H14. INA PG Paris.

24. DOREAU M., BAUCHART D., 1984. Journée CAAA 8 novembre 1984, p. J1-J25, INA PG Paris.

25. DOREAU M., CHILLIARD Y., BAUCHART D., 1986. Performances and metabolic utilization of extruded rapeseeds or soybeans in the dairy cow (soumis pour publication).

26. DUNKLEY W.L., SMITH N.E., FRANKE A.A., 1977. *J. Dairy Sci.*, **60,** 1863-1869.

27. EMEREY R.J., BELL J.W., THOMAS J.W., 1968. *J. Dairy Sci.*, **51,** 867-875.

28. FINN A.M., CLARK A.K., RUEGSEGGER G.J., 1983. *J. Dairy Sci.*, **66,** suppl.1, p. 155 (abst.).

29. HAUZY F., 1984. Journée CAAA 8 novembre 1984. p. E1-E9. INA PG Paris.

30. HATCH C.F., PERRY T.W., MOHLER M.T., BEESON W.N., 1972.*J. anim. Sci.*, **34,** 482-487.

31. HAWKINS E.E., MEADER J.E., OWEN F.G., LOWRY S.R., 1984. *J. Dairy Sci.*, **67,** suppl.1 p. 125 (abst.).

32. HEINRICHS A.H., NOYES T.E., PALMQUIST D.L., 1981. *J. Dairy Sci.*, **65,** 353-357.

33. HEINRICHS A.H., PALMQUIST D.L., CONRAD H.R., 1982. *J. Dairy Sci.*, **65,** 1325-1328.

34. HERMANSEN J., 1983. 34th Annual Meeting EAAP Madrid 3-6 oct. 1983. 10 p.

35. HUTJENS M.F., SCHULTZ L.H., 1971. *J. Dairy Sci.*, **54,** 1637-1644.

36. JENKINS T.C., PALMQUIST D.L., 1982. *J. Animal Sci.*, **55,** 957-963.

37. JENKINS T.C., PALMQUIST D.L., 1984. *J. Dairy Sci.*, **67,** 978-986.

38. KENNA T.M., SCHWAB C.G., 1979. *J. Dairy Sci.*, **62,** suppl. 1, p.74 (abst.).

39. KNIGHT R., SUTTON J.D., STORRY J.E., BRUMBY P.E., 1979. *Proc. Nutr. Soc.*, **38,** 4A.

40. KOWALCZYK J., ORSKOV E.R., ROBINSON J.J., STEWART C.S., 1977. *Br. Nutr. J.*, **37,** 251-257.

41. KRONFELD D.S., 1976. *Adv. anim. Physiol. anim. Nutr.*, **1,** 5-18.

42. KRONFELD D.S., DONOGHUES, NAYLOR J.M., JOHNSON K., BRADLEY C.A., 1980. *J. Dairy Sci.*, **63,** 545-552.

43. KRONFELD D.S., CHALUPA W., SKLAN D., 1984. *Feed int.*, April 84, p. 12.

44. KUZDZAL-SAVOIE S., KUZDZAL D., ILTCHENKO V., 1975. *Le Lait,* mai-juin 1975, **545-546,** 257-265.

45. LARSON S.A., SCHULTZ L.M., 1970. *J. Dairy Sci.*, **53,** 1233-1239.

46. Mac GUFFEY R.K., SCHINGOETHE D.J., 1982. *J. Dairy Sci.*, **65,** 1479-1483.

47. Mac GUFFEY R.K., SCHINGOETHE D.J., HATTAN J.L., 1980. *J. Dairy Sci.*, **63,** suppl.1, p.153 (abst).

48. Mac LEOD G.K., YU Y., SCHAEFFER L.R., 1977. *J. Dairy Sci.*, **60,** 726-738.

49. MATTIAS J.E., RUEGSEGGER G.J., SCHULTZ L.H., TYLER W.J., 1982.*J. Dairy Sci.*, **65,** suppl.1, p.151 (abst).

50. MIELKE C.D., SCHINGOETHE D.J., 1981. *J. Dairy Sci.*, **64,** 1579-1585.

51. MOODY E.G., BARNES W.J., 1966. *J. Dairy Sci.*, **49,** 719 (abst).

52. MOORE J.H., CHRISTIE W.W., 1981. In « *Lipid metabolism in ruminant animals* » ed by Christie W.W., 227-277. New York Pergamon Press.

53. MORAND-FEHR G. SAUVANT D., BAS P., 1984. Journée CAAA. 8 novembre 1984 p.D1-D22 INA PG Paris.

54. MORAND-FEHR P., BAS P., SAUVANT D., 1986. *Int. Goat Sheep Res.*, **2** (4), (in press).

55. NICHOLSON J.W.G., SUTTON T.D., 1971. *J. Dairy Sci.*, **38,** 363-372.

56. OSTERGAARD V., DANFAER A., DAUGAARD J., HINDHEDE J., THYSEN I., 1981. Beretning fra Statens Husdyrbrugs forsg 508, p.140.

57. PALMQUIST D.L., 1982. *Feed Int.* Fev 1982. 47-49.

58. PALMQUIST D.L., CONRAD H.R., 1978. *J. Dairy Sci.*, **61,** 890-901.

59.PALMQUIST D.L., JENKINS T.C., 1980. *J. Dairy Sci.*, **63,** 1-13.

60. PALMQUIST D.L., MOSER E.A., 1981. *J. Dairy Sci.*, **64,** 1664-1670.

61. PALMQUIST D.L., OELBERG T.J., 1984. *J. Dairy Sci.*, **64,** suppl.1, p. 112 (abst).

62. PAN Y.S., COOK L.J., SCOTT T.W., 1972. *J. Dairy Res.*, **39,** 203-210.

63. PERRY F.G., Mac LEOD G.K., 1968. *J. Dairy Sci.*, **51,** 1233-1238.

64. PLOWMAN R.D., BITMAN J., GORDON C.H., BRYDEN L.P., GOERING H.K., EDMONDSON L.F., YONCOSKIE R.A., DOUGLAS F.W., 1972. *J. Dairy Sci.*, **55,** 204-207.

65. RAFALOWSKI W., PARK C.S., HANGSE C.N., 1981. *J. Dairy Sci.*, **64,** suppl.1, p.141 (abst.).

66. RAKES A.M., DAVENPORT D.G., MAESHALL G.R., 1972. *J. Dairy Sci.*, **55,** 529-531.

67. RINDSIG R.B., SCHULTZ L.H., 1974. *J. Dairy Sci.*, **57,** 1937-1945.

68. ROFFLER R.E., THACKER D.L., WRAY J.E., 1984. *J. Dairy Sci.*, **67,** Suppl.1, p. 125 (abst.).

69. RUEGESSER G.J., SCHULTZ L.H., SOMMER D., 1983. *J. Dairy Sci.*, **66,** suppl.1, p.168 (abst.).

70. SCHWAB C.G., MUISE S.J., HOLTER J.B., 1980. *J. Dairy Sci.*, **63,** suppl.1, p.140 (abst.).

71. SCOTT T.W., COOK L.J., FERGUSSON K.A., Mac DONNALD I.W., BUCHANAN R.A., LOFTUS HILLS G., 1970. *Austr. J. Biol. Sci.*, **32,** 291-302.

72. SMITH N.E., DUNKLEY W.L., FRANKE A.A., 1978. *J. Dairy Sci.*, **61,** 747-756.

73. SMITH N.E., AGUIAR O., EL SANTIEL G., 1979. *J. Dairy Sci.*, **62,** suppl.1, 85 (abst).

74. SMITH N.E., COLLAR L.S., BATH D.L., DUNKLEY W.L., FRANKE A.A., 1980. *J. Dairy Sci.*, **63,** supl.,1, p.153 (abst.).

75. SMITH N.E., COLLAR L.S., BATH D.L., DUNKLEY W.L., FRANKE A.A., 1981. *J. Dairy Sci.*, **64,** 2209-2215.

76. SOULEIMANI A., DONKER J.D., MARX G.D., 1985. *J. Dairy Sci.*, **65,** suppl.1, p.151 (abst.).

77. STEELE W., 1984. *J. Dairy Sci.*, **67,** 1716-1724.

78. STEELE W., MOORE J.H., 1968a. *J. Dairy Res.*, **35,** 223-235.

79. STEELE W., MOORE J.H., 1968b. *J. Dairy Res.*, **35,** 343-352.

80. STEELE W., NOBLE R.C., MOORE J.H., 1971. *J. Dairy Res.*, **38,** 43-48.

81. STORRY J.E., 1981. *Recent Adv. anim. Nutr.*, p.3-33.

82. STORRY J.E., HALL A.J., JOHNSON V.W., 1973. *J. Dairy Res.*, **40,** 293-299.

83. STORRY J.E., BRUMBY P.E., HALL A.J., JOHNSON V.W., 1974a. *J. Dairy Sci.*, **57,** 61-67.

84. STORRY J.E., BRUMBY P.E., HALL A.J., JOHNSON V.W., 1974b. *J. Dairy Sci.*, **41,** 165-173.

85. STORRY J.E., BRUMBY P.E., DUNKLEY W.L., 1980a. *Bull. Int. Dairy Fed.*, Doc. 125, 105-125.

86. STORRY J.E., BRUMBY P.E., TUCKLEY B., WELCH V.A., STERD D., FULFORD R.J., 1980b. *J. agric. Sci. Camb.*, **94,** 503-516.

87. STULL J.W., HARLAND F.G., DAVIS R.N., 1957. *J. Dairy Sci.*, **40,** 1238-1240.

88. TOMLINSON J.E., Mac GEE W.H., CUSTER E.W., FUQUAY J.W., POE W.G., DOOLEY R.L., 1981. *J. Dairy Sci.*, **64,** suppl.1, 141-142 (abst.).

89. Van der HONING Y., WIEMAN B.J., STEG A., Van DONSELAAR B., 1981. *Neth. J. agric. Sci.*, **29,** 79-92.

90. VARMAN P.N., SCHULTZ L.H., NICHOLS R.E., 1968. *J. Dairy Sci.*, **51,** 1956-1963.

91. WRENN T.R., BITMAN J., WATERMAN R.A., WEYANT J.R., WOOD D.L., STROZINSKI L.L., HOOVEN N.W., 1978. *J. Dairy Sci.*, **61,** 49-58.

Sommaire des publications des chercheurs du centre parues dans les annales de l'I.N.R.A.

(1er semestre 1985)

J. ROBELIN : Cellularité des différents dépôts adipeux des bovins en croissance. *Reprod. Nutr. Dév.*, 1985, **25** (1B), 211-214.

D. BAUCHART, B. AUROUSSEAU et E. AUCLAIR : Addition of sorbitol to a milk substitute for veal calves. I. Effects on healt, growth and feed conversion. *Reprod. Nutr. Dév.*, 1985, **25** (2), 399-410.

Deux groupes homologues de 10 (lot témoin) et 9 (lot sorbitol) veaux mâles préruminants croisé Frisons × Holstein ont été utilisés pour étudier les effets du sorbitol sur leur appétit, leur état sanitaire et leur vitesse de croissance. Ils ont reçu, entre les âges de 1 et 8 semaines, 2 aliments d'allaitement (IT, IS) riches en protéines et en matières grasses (23 % de MS), puis entre les âges de 8 et 19 semaines, 2 aliments (FT, FS) dont les teneurs en protéines et en matières grasses étaient plus faibles (21 % de MS). Les aliments IT et FT étaient dépourvus de sorbitol, tandis que les aliments IS et FS en comprenaient 0,8 % par rapport à la matière sèche. Dans chaque groupe, 4 à 6 veaux ont été utilisés pour mesurer la digestibilité des laits à 3, 7 et 12 semaines. A l'abattage, à 19 semaines, la qualité des carcasses et l'état du foie des animaux ont été contrôlés.

L'état sanitaire de l'ensemble des animaux a été satisfaisant, mais après un refroidissement survenu en septième semaine, les 10 veaux du lot témoin ont été atteints durant 2 à 5 jours de diarrhées contre 4 dans le lot sorbitol.

La digestibilité du sorbitol a été de l'ordre de 95 % en troisième semaine et quasiment totale en 7e et en 12 e semaines. Les digestibilités apparentes de l'énergie et des protéines ont augmenté pour les deux lots de 83,8 et de 83,1 %, respectivement en 3e semaine à 89,8 et 90,7 %, à partir de la 7e semaine, mais n'ont pas été influencées par le sorbitol.

Le gain de poids vif (+ 12 % pour la totalité de l'essai) et l'efficacité alimentaire des animaux (+ 6,7 % pour la totalité de l'essai) ont été significativement ($P < 0,05$) améliorés par la présence de sorbitol dans la ration.

D. BAUCHART, B. AUROUSSEAU, E. AUCLAIR et Anne LABARRE : Addition of sorbitol to a milk substitute for veal calves. II. Effects on plasma, liver and muscle lipids. *Reprod. Nutr. Dév.*, 1985, **25** (2), 411-425.

Deux groupes homologues de 10 (lot témoin) et 9 (lot Sorbitol) veaux mâles préruminants croisés Frison-Holstein ont été utilisés pour étudier les effets du sorbitol sur le métabolisme lipidique. Ils ont reçu, entre les âges de 1 et de 8 semaines, 2 aliments d'allaitement (IC, IS) riches en protéines et en matières grasses (23 % de MS), puis entre les âges de 8 et 19 semaines, 2 aliments (FC, FS) dont les teneurs en protéines et en matières grasses étaient moins élevées (21 % de MS). Les aliments IC et FC étaient dépourvus de sorbitol, tandis que les aliments IS et FS en contenaient 0,8 % par rapport à la matière sèche.

Des prélèvements de sang ont été effectués aux âges de 2, 3, 4, 7, 12 et 19 semaines et aux temps suivants : 2 h avant (T-2), puis 1/2 (T1/2), 2 (T2), 3 (T3), 5 (T5) et 7 h (T7) après la prise de repas du matin. A l'abattage à 19 semaines, des échantillons de foie et de muscle *rectus abdominis* ont été prélevés sur les carcasses.

L'addition de sorbitol dans les laits de remplacement a été sans effet sur les teneurs du plasma en acides gras non estérifiés ou en triglycérides. Mais les teneurs en cholestérol libre et estérifié ont été significativement diminuées en 2e, 7e et 12e semaines (respectivement de 60 et de 15 % en moyenne).

L'ingestion de sorbitol a réduit significativement les teneurs du muscle en triglycérides (6,8 mg/g de tissu frais au lieu de 18,6), en cholestérol libre (0,41 mg/g au lieu de 0,66) et en lipides totaux (13,6 mg/g au lieu de 26,1).

Enfin, la composition en lipides des foies n'a pas été modifiée par l'ingestion de sorbitol. L'étude histologique a confirmé l'absence de lésions graves avec les régimes.

De manière générale, la dispersion des résultats a été beaucoup plus élevée chez les animaux du groupe témoin que chez ceux du groupe sorbitol.

Elisabeth RICHET, Marie-Jeanne DAVICCO, M. DALLE et J.P. BARLET : Réponses endocrines à l'insuline et âge conceptionnel chez le veau. *Reprod. Nutr. Dév.*, 1985, **25** (2), 427-438.

W. MARTIN-ROSSET, R. BOCCARD, J. ROBELIN, M. JUSSIAUX et Catherine TRILLAUD-GEYL : Estimation de la composition des carcasses de poulains de boucherie à partir de la composition de l'épaule ou d'un morceau monocostal prélevé au niveau de la 14ème côte. *Ann. Zootech.*, 1985, **34,** (1), 77-84.

75 poulains et pouliches de diverses races lourdes ont été abattus à l'âge de 12, 18, 24, 30 mois et leur carcasse disséquée.

Trois critères susceptibles d'être liés à la composition anatomique de la carcasse ont été mesurés : le poids des pannes, celui des canons et la compacité de la cuisse. Par ailleurs, nous avons prélevé et disséqué un morceau monocostal situé au niveau de la 14e côte d'une part et l'épaule d'autre part.

Le poids des tissus de la carcasse a été relié aux différents critères mesurés à l'abattage par la technique de régression progressive. Trois équations d'estimation différentes ont été ainsi établies pour chaque tissu. Il a été tenu compte de l'effet de la race et du sexe dans l'équation d'estimation du poids des dépôts adipeux, mais seulement de la race dans le cas du squelette.

Le poids des dépôts adipeux et des muscles sont estimés respectivement à 4,9 kg et 5,0 kg près. La précision de l'estimation du poids du squelette est de 3,0 kg.

M. CHENOST : Estimation de la digestibilité de l'herbe ingérée au pâturage à partir de l'azote fécal et de quelques autres paramètres fécaux. *Ann. Zootech.*, 1985, **34,** (2), 205-228.

L'objet de cette étude est de proposer des équations permettant de prédire la digestibilité de l'herbe pâturée à partir de quelques critères fécaux et de discuter les conditions d'utilisation de ces équations dans la pratique.

On a utilisé pour cela les résultats de mesure de la digestibilité, effectuée sur moutons, de 1 230 échantillons (fourrages verts) des 10 principales espèces prairiales exploitées en France et de deux prairies naturelles.

On a calculé les équations de régression liant la digestibilité de la matière organique (dMO) des fourrages verts aux teneurs en matières azotées et en cellulose brute (MATF et CBF, exprimées en p. 100 de la matière organique) dosées sur les fèces correspondantes. La digestibilité des fourrages est comprise entre 55 et 80 p. 100 et la teneur en MATF entre 8 et 30 p. 100.

Les liaisons entre dMO et MATF sont étroites et CBF, ajoutée à MATF, n'améliore pas significativement la précision de la prévision de dMO.

Les équations et les courbes correspondantes (26 du 2e degré, 5 du 1er degré) sont donc présentées en fonction de MATF seule. Ces 31 équations ont dû être établies espèce par espèce et cycle par cycle. En effet, à teneur en MATF donnée et suivant les cycles successifs :

— la digestibilité diminue, quelle que soit l'espèce botanique ;

— les différences de digestibilité entre espèces botaniques augmentent ;

— le classement des différentes espèces suivant leur digestibilité n'est pas le même.

Les coefficients de corrélation sont compris entre 0,887 et 0,958 pour les premiers cycles et entre 0,735 et 0,910 pour les différentes repousses. La précision de la prévision (Syx) de dMO est en moyenne de 2,2 à 2,5 points (3 valeurs sur 31 dépassent 3 points). Elle est voisine et même parfois meilleure que celle obtenue à partir de la teneur en matières azotées et en cellulose brute du fourrage offert (MATP et CBP respectivement).

Sur un nombre d'échantillons plus restreint (29 ray-grass d'Italie, 17 dactyles) on a vérifié que la précision de la prévision pouvait être encore améliorée [Syx = 1,28 et 1,67 points respectivement pour le ray-grass d'Italie et le dactyle) en ajoutant à MATF un ensemble de critères fécaux chimiques : CBF, matière sèche soluble dans l'eau (MSEF), constituants pariétaux (NDF) et lignocellulose (ADF) de Van Soest], et physiques : densité des fèces (DENS F). On peut même apprécier la quantité de matière organique digestible ingérée avec une bonne précision (1,28 à 2,33 g/kg $P^{0,75}$) en ajoutant MATP et CBP à l'ensemble de ces critères fécaux.

La discussion passe en revue les conditions d'application de ces équations dans la pratique : utilisation pour prévoir la digestibilité de l'herbe pâturée par des bovins, avec ou sans complémentation au pâturage et pour des niveaux d'alimentation inférieurs à *l'ad libitum*.

En conclusion, ces équations, établies pour des prairies monospécifiques, peuvent être utilisées dans la pratique sous certaines conditions décrites dans le texte. Elles permettent, à partir d'un échantillon de fèces représentatif d'une période de pâturage donnée, de prévoir et de classer les digestibilités de l'herbe pâturée par des moutons et des bovins.

Le problème des prairies naturelles plurispécifiques reste entier. On doit alors avoir recours soit à des mesures de digestibilité sur moutons conduites parallèlement au pâturage avec la même herbe fauchée, soit à des mesures de laboratoire (cellulase, sachets de nylon, DIV) permettant la prévision de dMO à partir d'un échantillon d'herbe représentatif de l'herbe pâturée (fauche, bol œsophagien).

M. CONTREPOIS, J.P. GIRARDEAU, H.C. DUBOURGUIER et Ph. GOUET : Vaccination anti-K99 et protection colostrale des veaux infectés expérimentalement avec *Escherichia coli* K99. *Ann. Rech. vét.*, 1985, **16** (1), 41-46.

Les anticorps colostraux de vaches vaccinées avec *E. coli* B41 (O101 : K99, F41) protègent complètement les veaux infectés expérimentalement avec *E. coli* B41. Afin de préciser le rôle protecteur des anticorps dirigés contre K99 et F41, les veaux recevant le colostrum de vaches vaccinées avec *E. coli* B41 sont infectés avec *E. coli* B44 (O9 : K30 : H^-, K99, F41). La vaccination multiplie par sept le titre des anticorps anti-K99 dans le colostrum. Chez les veaux infectés par *E. coli* B44, les anticorps anti-(K99 + F41) protègent complètement trois veaux sur six seulement. L'effet additif d'anticorps dirigés contre K99 et d'autres antigènes de surface de *E. coli* entérotoxinogène semble souhaitable afin d'obtenir une protection plus complète.

R. MOHAMMED et M. LAMAND : The diagnosis of vitamin B12 deficiency in sheep : comparison of serum vitamin B12 levels measured by a microbiological and a radioisotope dilution technique. *Ann. Rech. vét.*, 1985, **16** (1), 51-56.

DIAGNOSTIC DE LA CARENCE EN VITAMINE B12 CHEZ LE MOUTON : COMPARAISON DES TAUX DE VITAMINE B12 SÉRIQUE MESURÉS PAR DES TECHNIQUES MICROBIOLOGIQUES ET DE DILUTION RADIOISOTOPIQUE. — La vitamine B12 sérique de six moutons recevant une ration subcarencée en cobalt (0,06 mg de cobalt par kg de matière sèche) a été dosée par une méthode de radiodilution isotopique. Les résultats obtenus ont été comparés avec les valeurs trouvées avec un dosage microbiologique (avec *Lactobacillus leichmannii* — ATCC 7830). Ce dernier dosage est spécifique de la vitamine B12 active et n'enregistre pas les isomères inactifs de la vitamine. Pendant les 16 semaines de l'expérience, les concentrations de vitamine B12 sérique ont été quatre à six fois plus élevées avec la méthode de radiodilution qu'avec la méthode microbiologique. Pendant toute l'expérience et contrairement aux résultats obtenus par la méthode microbiologique, les valeurs de vitamine B12 sérique obtenues par radiodilution ne franchissent jamais le seuil de carence (établi par voie microbiologique) de 200 pg/ml. Par ailleurs, adopter un seuil de carence plus élevé et propre à la méthode de radiodilution, serait peu crédible en raison de la corrélation faible (non significative) entre les résultats obtenus par les deux méthodes. On peut considérer qu'avec les réactifs utilisés (le kit commercial de dosage de la vitamine B12 de Amersham Radiochemical Centre), la méthode de radiodilution ne permet pas le diagnostic de la carence subclinique en cobalt chez le mouton.

M. DOREAU et W. MARTIN-ROSSET : Uraemia in the mare : effects of seasonal variations, of energy level of the diet and individual differences. *Ann. Rech. vét.*, 1985, **16** (1), 87-91.

L'URÉMIE CHEZ LA JUMENT : EFFETS DES VARIATIONS SAISONNIÈRES, DU NIVEAU ÉNERGÉTIQUE DE LA RATION ET DES DIFFÉRENCES INDIVIDUELLES. — On a étudié les variations de l'urémie chez la jument de race lourde placée dans différentes conditions. Une étude sur 35 juments au cours de la saison de pâturage indique une urémie moyenne variant entre 48,5 et 67,5 mg/100 ml de plasma, selon la saison et la nature de l'herbe. Les valeurs les plus élevées sont obtenues sur des prairies exploitées au 1er cycle. Les mêmes juments recevant des régimes hivernaux présentent des urémies plus faibles : 28,6 à 36,0 mg/100 ml. Une étude portant sur 15 juments recevant des régimes isoazotés comprenant du concentré distribué à deux niveaux différents, en complément de foin et de paille, entre 2 mois avant et 8 jours après le poulinage, montre que, si le stade physiologique a peu d'influence sur l'urémie, celle-ci est plus élevée pour les juments à bas niveau de concentré (35,6 à 44,0 mg/100 ml de plasma selon les périodes) que pour les juments à haut niveau de concentré (25,8 à 33,3 mg/100 ml). Enfin, une analyse portant sur deux troupeaux de 7 et 5 juments ayant subi 9 prélèvements tout au long de l'année montre que l'effet individuel est très important. Il n'a pas pu être expliqué par l'âge des animaux. Ces mesures ont permis de préciser quelques sources de variation de l'urémie autres que la teneur en azote de la ration.

M. CONTREPOIS, J.L. MARTEL, C. BORDAS, F. HAYERS, A. MILLET, J. RAMISSE et R. SENDRAL : Fréquence des pili fy et K99 parmi des souches de *Escherichia coli* isolées de veaux diarrhéiques en France. *Ann. Rech. vét.*, 1985, **16** (1), 25-28.

L'étude épidémiologique des souches *E. coli* isolées de veaux montre que *E. coli* portant le pilus FY décrit antérieurement et qui est également connu sous le nom d'Att25 a été isolé chez 30 des 415 échantillons de fèces de veaux diarrhéiques, huit d'entre eux portant à la fois les pili FY et K99. *E. coli* portant le pilus K99 est présent chez 86 veaux. Les souches portant à la fois les pili FY et K99 représentent 9 % des souches *E. coli* entérotoxinogènes. *E. coli* $K99^-$, FY^+ ne produit pas l'entérotoxine thermostable (TSa). *E. coli* $K99^+$, FY^- ou $K99^+$, FY^+ est présent seulement chez des veaux de moins de trois jours mais *E. coli* $K99^-$ FY^+ est trouvé quel que soit l'âge des animaux.

A PARAÎTRE

Enquête éco-pathologique continue

(secrétaire de rédaction : B. FAYE)

Le Laboratoire d'Eco-Pathologie présente l'ensemble des résultats acquis depuis la première Enquête Eco-Pathologique Continue (EEPC) dans un numéro spécial des *Annales de Recherches Vétérinaires* (1986, Volume 17, nº 3).

Ce numéro comprend un article méthodologique, 8 articles scientifiques originaux ainsi que les différents résumés des articles déjà publiés dans les Annales, le Bulletin Technique de Theix ou dans d'autres revues. Il constitue donc un premier travail de synthèse (non définitif) attendu par tous ceux qui s'intéressent à l'épidémiologie et aux relations milieu-pathologie.

Les principaux chapitres sont les suivants :

INTRODUCTION
METHODOLOGIE
HIERARCHIE ET REPARTITION DES PATHOLOGIES
ASSOCIATIONS PATHOLOGIQUES
FACTEURS DE RISQUE
- Infertilité
- Mammites

AUTRES PATHOLOGIES

Commandes et paiement à :

Service des Publications - Route de Saint-Cyr, 78000 Versailles
C.C.P. Paris 9064-43 V, Régisseur des Publications
Prix franco TTC, l'exemplaire : 155 F

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
Directeurs de la Publication : C. MALTERRE et A. HODEN

I.N.R.A. Publications - Route de St-Cyr - 78000 Versailles
Dépôt légal : 3ème trimestre 1986
N° C.P.P.A.P. : 573 ADEP